Ule, Otto,

<<Die>> Wunder der Sternenwelt ein Ausflug in den Himmelsraum ; für die Gebildeten aller Stände und alle Freunde der Natur herausgegeben ; mit 310 Text-Abbildungen, einem Frontispiz, 5 Chromolithographien, zwei Tondrucktafeln und zwei Sternkarten

Leipzig [u.a.] 1884

Ule u. Klein.

DIE WUNDER DER STERNENWELT

Verlag von Otto Spamer, Leipzig.

Die Wunder der Sternenwelt.

Dritte Auflage.

Zweite wohlfeile Ausgabe.

Wunder der Sternenwelt. 3. Aufl. Lith. Kunst-Anst. v. Aug. Kürth, Leipzig. Nach Guillemin „Le Ciel“.

Feuermeteor von einer Sternwarte gesehen.

Die

Wunder der Sternenwelt.

Ein

Ausflug in den Himmelsraum.

Für Gebildete aller Stände und alle Freunde der Natur herausgegeben

von

Dr. Otto Ule.

In dritter Auflage

bearbeitet

von

Dr. Hermann J. Klein.

Zweite wohlfeile Ausgabe.

(1883)

Mit 310 Text-Abbildungen, einem Frontispiz, 5 Chromolithographien, zwei Tondrucktafeln und zwei Sternkarten.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.

Wunder der Sternenwelt.

Feuermeteor von einer Sternwarte gesehen.

Die

Wunder der Sternenwelt.

Ein

Ausflug in den Himmelsraum.

Für die Gebildeten aller Stände und alle Freunde der Natur herausgegeben

von

Dr. Otto Ule.

In dritter Auflage

bearbeitet

von

Dr. Hermann J. Klein.

Zweite wohlfeile Ausgabe.

(1883)

Mit 310 Text-Abbildungen, einem Frontispiz, 5 Chromolithographien, zwei Tondrucktafeln und zwei Sternkarten.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Das Denken ist mehr wert als das Gedachte! Nicht die Ergebnisse der Wissenschaft sind es, welche die wahre Volksbildung bedingen; es gehört dazu vor allem die Erkenntnis der Wege, auf denen sie erreicht sind. Daß man von dem Bau des Himmels, von der Ordnung und dem Dasein der Gestirne, von den Entdeckungen der Astronomen erfährt, dafür sorgen Schule und Zeitungen. Aber die Vermittelung kommt nicht von selbst. Den Zahlen, Maßen und Gesetzen des Weltgebäudes fehlt der begründende Boden der Erkenntnis; man glaubt an die feinen Beobachtungen und scharfsinnigen Rechnungen der Astronomen, aber man begreift sie nicht.

Der Mensch ist ein Ganzes. Auch das Gefühl will einen Anteil an der Erkenntnis haben; darum muß sich die Form mit dem Inhalt, die Schönheit mit der Wahrheit vermählen. Selbst der sittliche Wille des Menschen will der Natur nicht berührungslos gegenüberstehen; er verlangt nach einem Einklange seiner Gesetze mit denen des Alls, nach einer lebendigen Gestaltung der außen wirkenden Gedanken und Kräfte in seinem Innern.

Solche Gesichtspunkte machen freilich die Aufgabe eines für das Volk schreibenden Darstellers sehr schwierig. Die bloße Kenntnis des wissenschaftlichen Stoffs reicht nicht mehr hin, neue Kräfte müssen wach gerufen werden. „Wer mir seine Kenntnisse in schulgerechter Form überliefert", sagt Schiller, „der überzeugt mich zwar, daß er sie richtig faßte und zu behaupten weiß; wer aber zugleich im stande ist, sie in einer schönen Form mitzuteilen, der beweist nicht nur, daß er dazu befähigt ist, sie zu erweitern, er beweist auch, daß er sie in seine Natur aufgenommen und in seinen Handlungen darzustellen fähig ist. Nichts, als was in uns selbst schon lebendige That ist, kann es außer uns werden, und es ist mit Schöpfungen des Geistes wie mit organischen Bildungen: nur aus der Blüte geht die Frucht hervor." Sollte ich diesen Maßstab des großen Dichters an meine Schöpfung legen, so möchte ich vollends zweifeln, ob ich mein Ziel erreicht habe.

Jedenfalls ist es meine Absicht gewesen, in diesem Werke eine umfassende, anschauliche Darstellung der gesamten Wissenschaft des Himmels zu geben. Vollständigkeit des Inhalts, soweit sie nur irgend für die Zwecke allgemeiner Bildung möglich ist, Deutlichkeit im Aufzeigen der Wege der Forschung, Übersichtlichkeit in der Verknüpfung der Einzelheiten zu einem geordneten Ganzen, das waren Gegenstände meines redlichsten Strebens. Gewissenhaft habe ich Zahlen und Resultate geprüft, und lieber als unerwiesen hingestellt, was noch nicht die Anerkennung der gesamten Wissenschaft gefunden hatte.

In bezug auf die Formgebung war es meine Absicht, die astronomische Wissenschaft unter der Form von Wanderungen durch den Himmelsraum darzustellen. Eine Berechtigung dazu glaubte ich in der Wissenschaft selbst zu finden. Sie ist ja offenbar das Resultat solcher seit Jahrtausenden fortgesetzten Eroberungszüge des Gedankens. Reiche Schätze wurden von jedem Zuge heimgebracht, gesammelt, geordnet, durch neue Beobachtungen geprüft, durch die Rechnung unter Gesetz und System gebracht. Gerade wenn ich die Wege der Forschung darlegen, die Mittel zur Erlangung dieser staunenswerten Resultate zur

Anschauung bringen wollte, dann konnte ich es nicht besser, als wenn ich den Leser selbst auf solche Wanderungen hinausführte. Hierzu kam ein zweiter Gesichtspunkt, der mich noch mehr bestimmte. Gerade durch diese Form von Wanderungen wurde meiner Darstellung der Charakter eines geordneten systematischen Ganzen in natürlichster Weise aufgedrängt. Es wurde mir möglich, Schritt vor Schritt die Anschauung des Lesers zu erweitern und ihm zugleich in den zurückgelegten Wegen wie in den gesammelten Erfahrungen einen Maßstab für die immer endloser sich ausdehnenden Räume des Alls zu bewahren. Endlich aber zeigte sich mir in dieser Form ein Vorteil, sofern ich meine Darstellung in die Weise des Vortrags kleiden mußte. Es liegt immer etwas besonders Anregendes darin, daß man beständig diejenigen vor Augen hat, welche man belehren will. Man liest gleichsam die Fragen und Zweifel auf den Gesichtern der Umgebung; man kann es nicht über sich gewinnen, schwierigere Gegenstände leicht abzufertigen oder gar zu umgehen; man wird unbewußt anschaulicher und eindringlicher.

Ich glaube nicht, daß ich solche Vorteile durch die angedeutete Form zu teuer erkaufte. Freilich bedurfte die Ausführung großer Vorsicht. Die Darstellung konnte leicht an das Belletristische streifen, und die Sprache der Belletristik ist nicht die Sprache der Wissenschaft. Der Gelehrte soll Gelehrter bleiben, auch wenn er zum großen Publikum spricht. Aber ich glaube der Würde der Wissenschaft nichts vergeben, durch mein ganzes Werk mir das Bewußtsein eines Vertreters der Wissenschaft treu bewahrt zu haben. Darum gab ich meinem Buche nur eine novellistische Einleitung; darum ließ ich bereits in den ersten vorbereitenden Kapiteln meine ideale Reisegesellschaft allmählich in das große lesende Publikum aufgehen; darum ließ ich selbst diesem gegenüber im weiteren Verlaufe des Buches das subjektive Verhältnis des Lehrers und Führers nur da noch hervortreten, wo es mir eines Ruhepunktes für den Leser nach einer überwältigenden Fülle von Denkanstrengungen zu bedürfen schien.

Meine Einleitung ist eine Einladung. Ich rolle zunächst das Gemälde des unendlichen Raumes auf, das der Schauplatz unsrer Wanderungen sein soll. Ich leite dann das Auge an, sich in der äußeren Erscheinung zurechtzufinden, welche diese Welt im Himmelsgewölbe darbietet. Ich lehre endlich sehen und beobachten und gewähre damit die einzig möglichen Mittel zu einem Aufschwung in jene Räume. Nach diesen Vorbereitungen erst beginnen die wissenschaftlichen Wanderungen selbst.

Ernste Wissenschaftlichkeit, Streben nach Klarheit und Anschaulichkeit, strenge Ordnung, Gleichmäßigkeit und innere Einheit wird man meinem Buche nicht absprechen. Gelingt es ihm, Freunde für die Wissenschaft zu gewinnen, ihr Verständnis zu verbreiten, die Teilnahme an ihren Bestrebungen, Forschungen und Entdeckungen rege zu machen, so hat es seinen Beruf erfüllt.

Von seiten des Verlegers ist nichts versäumt worden, auch durch äußere Ausstattung den Wert des Buches zu erhöhen. Gern hätte ich zur Vervollständigung meines Buches noch eine zusammenhängende Darstellung der Geschichte der astronomischen Forschung gegeben. Bei der Beschränktheit des Raumes mußte ich jedoch auf die Erfüllung dieses Wunsches verzichten.

So wandere denn dieses Werk einsamer Studien ländlicher Muße hinaus, Strebende zu leiten und Denkende zu lehren!

Halle im November 1859.

Dr. Otto Ule.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Bei Druckvollendung der neuen Auflage dieses Werkes trifft den Unterzeichneten die erschütternde Trauernachricht, daß der ursprüngliche Verfasser, Dr. Otto Ule, ganz unerwartet aus diesem Leben abberufen ist. Es war am 6. August dieses Jahres, als er gelegentlich eines Brandes in Halle, zu welchem er als Kommandant der Turner-Feuerwehr sich eingefunden, von herabfallenden Steinen tödlich getroffen wurde; er verstarb noch in der darauf folgenden Nacht, 56 Jahre alt. Mit ihm schied ein Mann aus unsrer Mitte, dessen weiter Blick und dessen hochherzige Gesinnung ihm zahlreiche Verehrer in allen Gauen Deutschlands erworben haben. Ja, Dr. Otto Ule war ein wahrhaft edler Charakter, der die reichen Schätze seines Wissens nicht engherzig in sich verschloß, sondern freigebig davon spendete an alle, die wissensdurstig ihm nahten. Und er war ein guter Mensch, dessen Bestreben darauf zielte, zu helfen, wo er helfen konnte, ohne Rücksicht auf persönliche Vorteile, auf das eigne Wohl oder Wehe. So ist er denn auch von hinnen geschieden in der Ausübung einer uneigennützig gewählten Thätigkeit.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, an gegenwärtiger Stelle das gesamte Wirken dieses Mannes eingehend schildern zu wollen, um so weniger als dies von andrer, berufener Seite sicherlich geschehen ist. Dagegen kann ich nicht umhin, der Überzeugungstreue und des unerschütterlichen Mutes zu gedenken, mit welchen der Verewigte für das, was er als wahr und recht erkannt hatte, allenthalben eintrat. Ohne kleinliche Rücksicht auf persönlichen Vorteil oder persönliche Unbequemlichkeit suchte Ule der Wahrheit Eingang zu verschaffen, für Aufklärung und Bildung wirkend, unermüdlich für das Wohl seiner Mitmenschen thätig. Dazu war ihm die Gabe verliehen, in edler Sprache seinen Anschauungen Ausdruck zu geben, den Leser zu erwärmen und zu der Höhe des Gegenstandes, den er behandelte, emporzuheben. Seine Darstellung ist von durchsichtiger, kristallener Klarheit, sie spricht gleichmäßig zum Verstande wie zum Gemüte, und so hat sie mächtig anregend gewirkt in den weitesten Kreisen.

Mit ganz besonderer Liebe hat Ule die erste Auflage der „Wunder der Sternenwelt“ ausgearbeitet. Man erkennt in der Darstellung die Begeisterung, welche er für den Gegenstand empfand, gleichzeitig aber auch ein tieferes Verständnis für die Stellung und Bedeutung der Himmelskunde in der Gegenwart. Leider konnte er, im Drange zahlreicher andrer Arbeiten, der zweiten Auflage dieses Werkes nicht selbst jene große Umarbeitung zu teil werden lassen, welche der Fortschritt der Wissenschaft in den beiden letzten Jahrzehnten erheischte. Als infolgedessen der Unterzeichnete aufgefordert wurde, diese Umarbeitung vorzunehmen, stand es bei ihm fest, daß der Sinn und Geist der ursprünglichen Fassung unverändert beibehalten werden müsse. Nur die Einfügung neuer und die veränderte Gruppierung früherer Thatsachen durfte ich als eigentliche Aufgabe betrachten;

die ursprüngliche Form der Darstellung blieb fast unverändert. Unter denjenigen Partien des Werkes, welche in der neuen Auflage eine größere Ausdehnung erhielten, erwähne ich zunächst den Abschnitt über das Fernrohr, dem ein ganz neues Kapitel, über die Spektralanalyse, hinzugefügt wurde. Das erste Kapitel des zweiten Buches hat gleichfalls (u. a. durch mehrere Tabellen) eine wesentliche Bereicherung erfahren, ebenso der Abschnitt über den Mond. Fast ganz umgearbeitet und besonders in illustrativer Beziehung erweitert erscheint der Abschnitt über die Sonne. Bei den einzelnen Planeten wurden alle neuen Entdeckungen sorgsam nachgetragen, besonders aber erscheinen gegenwärtig die über die Kometen und Meteor-Asteroiden handelnden Kapitel in einer andern Gestalt und innigeren Beziehung zu einander. Das dritte Buch, welches die Fixstern- und Nebelwelt behandelt, bietet ebenfalls zahlreiche Zusätze und Abänderungen dar. Der Umfang des Werkes ist freilich gegen die erste Auflage um das Doppelte gewachsen, nicht nur infolge des gewaltigen Zuwachses, den unsre Kenntnis der Himmelskörper seit der ersten Auflage erfahren hat, sondern auch wegen zahlreicher neuer und ebenso künstlerisch als naturgetreu ausgeführter Illustrationen, Chromolithographien und andrer Beigaben, wie sie in ähnlichen Fällen kein andres populär-astronomisches Werk aufzuweisen hat. Wenn also nach dem Vorhergesagten der Leser Belehrung und Genuß in diesem Buche findet, so hat er sie in erster Linie dem ursprünglichen Verfasser, Dr. Otto Ule, und dem dies Werk lebhaft fördernden Verleger Otto Spamer zu verdanken.

Köln, 15. August 1876.

Vorwort zur dritten Auflage.

Seit dem Erscheinen der zweiten Auflage dieses Werkes sind auf dem Gebiete der Sternkunde wiederum zahlreiche neue Ergebnisse gewonnen worden. Ich habe mich bestrebt, dieselben, soweit sie in den Rahmen des vorliegenden Werkes fallen, allenthalben im Texte zu berücksichtigen; auch wurde eine Anzahl neuer Abbildungen aufgenommen, überhaupt das ganze Werk einer sorgfältigen und gründlichen Überarbeitung unterzogen. Sonach darf man wohl die vorliegende neue Auflage als eine wesentlich verbesserte bezeichnen, und hoffe ich, daß sie denselben freundlichen Empfang, im täglich größer werdenden Kreise der Freunde der Himmelskunde finden möge, den die früheren Auflagen gefunden haben.

Köln, 29. Oktober 1883.

Dr. Hermann J. Klein.

Die

Wunder der Sternenwelt. Dritte Auflage.

Inhalt.

Erstes Buch.

Vorbereitungen zum Ausflug in den Himmelsraum.

Zweites Buch.

Die planetarische Welt.

Drittes Buch.

Die Fixstern- und Nebelwelt.

Übersichten.

Bahnelemente der Planeten und ihrer Satelliten, der bemerkenswertesten Kometen und Doppelsterne.

Chromolithographien, Tondruckbilder und andre Beigaben.

In den Text gedruckte Abbildungen.

Erstes Buch.

Vorbereitungen zum Ausflug in den Himmelsraum.

Nachts, wenn gute Geister schweifen,
Schlaf dir von der Stirne streifen,
Mondenlicht und Sternenflimmern
Dich mit ew'gem All' umschimmern, —
Scheinst du dir entkörpert schon,
Wagest dich an Gottes Thron.

Erstes Kapitel.

Eine Nacht im Freien.

Italienische und tropische Nächte kenne ich nicht. Mag der Dichter die milden Reize der einen besingen, mag der reisende Naturforscher, noch in der Erinnerung träumend, in dem Zauber der andern schwelgen; ich kenne nur deutsche Nächte. Aber ich weiß, daß es auch deutsche Nächte gibt, welche süße Schauer des Entzückens über uns ausgießen. Nicht die Landschaft ist es, nicht Düfte und Tau sind es, in denen das Geheimnis nächtlicher Schönheit beruht: Es ist eben alles Duft und alles Harmonie.

Nicht am wenigsten trägt zu dieser geheimnisvollen Erhabenheit der sternbesäete Himmelsteppich bei. Die Ruhe, in welcher das unermeßliche All zu schlummern scheint, breitet ihre sanften Fittiche über das Gemüt des Menschen, der denkend emporschaut zu den stillen Lichtern des Firmamentes. Leider ist es verhältnismäßig nur wenigen Menschen vergönnt, die nächtliche Pracht des Himmels ganz in sich aufzunehmen. Denn unser heutiges Kulturleben macht den dauernden Aufenthalt in eng gebauten Städten notwendig, die ihren Bewohnern

meist nur ein kleines Stückchen vom Himmel zu sehen vergönnen, so daß der Einzelne vielfach nicht einmal eine Ahnung von der wirklichen Herrlichkeit des Sternenhimmels hat. Wiederholt ist es mir vorgekommen, daß gebildete Personen, denen ich von meinem Observatorium aus einen Blick auf den ganzen nächtlich sichtbaren Sternenhimmel gewähren konnte, während die Umgebung in tiefer Dunkelheit lag, von dem erhabenen Schauspiele, das sich ihnen in solcher Weise darbot, geradezu überwältigt waren. Wahrlich hatte Kant recht, als er sagte, es gebe zwei Dinge, die den menschlichen Geist mit stets neuer Bewunderung erfüllten: das moralische Gesetz in uns und der gestirnte Himmel über uns.

Es ist erstaunlich, wie viele einsichtsvolle Menschen es gibt, die um keinen Preis für ganz unwissend in der heutigen Astronomie gehalten werden möchten, und die doch nie mit einiger Aufmerksamkeit zum Himmelsgewölbe aufgeblickt; die niemals selbst ein paar Beobachtungen gemacht haben, um Erscheinungen daran zu entdecken; die aus eigner Erfahrung nicht ein Sterbenswörtchen von den mancherlei Bewegungen, die sich daran zeigen, zu sagen vermöchten. Es gibt Tausende und Hunderttausende, die an so manchem Abende eine lange Reihe von Jahren hindurch zum klaren Sternenhimmel aufschauten und nichts weiter aus dem Anblicke dieses herrlichen Gemäldes zurückbehalten haben, als daß nach allen Richtungen hin eine Menge schimmernder oder funkelnder Punkte sich zeigte. Ob aber diese Punkte ihre Stellung untereinander veränderten oder nicht — ob einige in Bewegung schienen, andre in Ruhe — ob das ganze Himmelsgewölbe still zu stehen schien oder als ein Ganzes sich drehte — ob alle die Sterne, die sie um 6 Uhr abends sahen, eben so sichtbar sind um 12 Uhr nachts — ob die Sterne auf- und untergehen, wie Sonne und Mond — ob sie im Osten oder Nordosten oder sonstwo aufgehen — ob die einen regelmäßig auf- und untergehen, während andre niemals unter den Horizont tauchen — ob einzelne Sterne sich gelegentlich rückwärts oder vorwärts bewegen, und in welcher Gegend des Himmels sie erscheinen — ob es Sterne an unserm Himmelsgewölbe eben so gut am Tage wie in der Nacht gibt — ob dieselben Sternbilder im Sommer und Winter sichtbar sind? — — alle diese Fragen können viele beantworten, nämlich aus astronomischen Lehr- und Handbüchern, aber nur selten jemand aus eigner Anschauung, eigner Beobachtung! Und doch liegt in diesen Fragen die Grammatik des Himmels, ohne welche keine astronomische Schrift, möge sie noch so interessant, so geistreich und zugleich populär sein, wahrhaft verstanden werden kann.

Die Herrlichkeiten des Himmels sind bis zu einem gewissen Grade überaus leicht, weil ohne besondere Instrumente zugänglich, und es ist ein großes Vorurteil zu glauben, daß die wahren Wunder des Himmels nur den wenigen zu schauen vergönnt seien, die ihr Auge an ein Riesenteleskop bringen können. Gerade der Umstand, daß der gestirnte Himmel sich gewissermaßen von selbst darbietet und zum Nachdenken anregt, ist zugleich auch die Veranlassung, daß die Astronomie in ihren Anfängen bis in die ältesten Zeiten der menschlichen Bildung hinaufreicht. Die frühesten Menschen bemerkten schon, daß die Tages- und Jahreszeiten in einem gewissen Zusammenhange mit den Stellungen des gestirnten Himmels stehen.

Hipparchos

Tycho Brahe

Galilei.

Newton.

Kepler.

Kopernikus

Kant.

Laplace.

AM

A. Müller. sc

Hervorragende Himmelserforscher aus alter und neuer Zeit.

Auch heute noch pflegen die Indianer sich nach gewissen Sternen zu orientieren und die Nachtstunden abzuschätzen. Von diesen ersten Spuren der Sternkunde bis zu einer wissenschaftlichen Behandlung der himmlischen Erscheinungen ist natürlich ein sehr weiter Weg; aber bereits die alten Babylonier und Ägypter haben das Gesetzmäßige mancher Himmelserscheinungen klar erkannt. Auch in China ist man früh auf astronomische Beobachtungen gekommen, und Aufzeichnungen über dort beobachtete Sonnenfinsternisse reichen bis ins dritte Jahrtausend vor Chr. hinauf. Die so hoch gebildeten Griechen haben dagegen die Sternkunde nur wenig gepflegt; sie waren keine Beobachter, und philosophisches Nachsinnen allein vermag auf dem wissenschaftlichen Gebiete nicht zu praktischen Wahrheitsermittelungen vorzudringen. Zu wirklicher Blüte gelangte die Sternkunde erst am Hofe der für Kunst und Wissenschaft begeisterten Ptolemäer in Ägypten. Hier beobachtete Hipparchos (geb. 160, gest. 125 v. Chr.), der „Schöpfer der wissenschaftlichen Astronomie“, die Bewegungen der Himmelskörper und suchte mit Hilfe seines „Astrolabium“, einer großen (aus beweglichen Metallreifen bestehenden) Armillarsphäre, die Art der Bewegungen von Sonne und Mond zu ergründen. Auf seinen Forschungen baute der nicht minder namhafte Claudius Ptolemäus (um 150 v. Ch.) weiter fort und ersann sein vielgenanntes Weltsystem des Scheines, verfaßte auch den sogenannten „Almagest“, das astronomische Hauptwerk des Altertums. Im siebenten Jahrhundert unsrer Zeitrechnung aber, seit den Eroberungszügen der Araber, sank die alexandrinische Wissenschaft, um sich nie wieder zu erheben. Dafür blühte nach kurzem Schlummer die Himmelskunde bei den Tataren auf, und selbst Nachfolger des Propheten zeichneten sich als eifrige Beobachter aus. Düstere Nacht der Unwissenheit deckte in jenen Jahrhunderten das Abendland. Erst im dreizehnten Jahrhundert treffen wir auf Alfons von Kastilien, genannt der Astronom und Philosoph (geb. 1221, gest. 1284), welcher sich um die Sternkunde ein bleibendes Verdienst dadurch erwarb, daß er mit einem großen Aufwande von Fleiß und Geld die Ptolemäischen Planetentafeln (nach ihm die „Alfonsinischen“ genannt) verbesserte. Aber die Harmonie des Himmels erforschend, lebte er auf Erden in Krieg und Unruhe.

Regiomontanus (Johannes Müller von Königsberg).
(Geb. 6. Juni 1436, gest. 6. Juli 1476.)

J. Herschel.
F. W. Herschel.
Bessel.
Louise. H. v. S. G
Gauss
C. Herschel.
Littrow.
Leverrier.
Maedler.

AK
Aug Müller. sc

Hervorragende Himmelserforscher aus neuerer Zeit.

Dafür ziert nun die unentziehbare Krone der Wissenschaft das Haupt dessen, dem durch den eignen Sohn die irdische Königskrone entrissen wurde. In Deutschland wirkten Peurbach (geb. 1423, gest. 1461) und dessen großer Schüler Regiomontanus (Johann Müller) für die Fortbildung unsrer Wissenschaft. Dem letzteren erwarben dauernden Ruhm nicht nur seine Kalenderverbesserungen, sondern auch vornehmlich seine „Ephemeriden" für die Jahre 1475 bis 1506, das sind Tafeln, welche die tägliche Stellung der Sonne, des Mondes und der Planeten für bestimmte Jahre im voraus verzeichnen.

Inzwischen ging aber im fernen Osten unsres Vaterlandes, zu Thorn an der Weichsel, dasjenige Gestirn am Horizont der Himmelskunde auf, mit dessen Erscheinen eine neue Weltordnung ihren Anfang nimmt: Nikolaus Kopernikus (1473 bis 1543) setzte die Sonne als Weltleuchte auf den Thron und hieß den Erdball mit all seinen Planetengeschwistern um sie in harmonischem Reigen sich schwingen. Lernend und lehrend hatte dieser Schöpfer der neueren Astronomie verschiedene Länder durchzogen, bis er endlich sich dauernd in Frauenburg niederließ, wo er, als Geistlicher und Arzt thätig, die Beobachtung der Himmelserscheinungen in seinen Mußestunden pflegte und förderte.

Die Wahrheit der Bewegung unsrer Erde um die Sonne war indessen schon früher ausgesprochen, wenn auch nur wenig beachtet worden. Kopernikus selbst sagt: „Ich fand zuerst bei Cicero, daß Hicetas gemeint habe, die Erde bewege sich; und daß auch andre dieser Meinung gewesen, ersah ich aus folgender Stelle des Plutarch: Die gewöhnliche Meinung geht dahin, daß die Erde ruhe; der Pythagoräer Philolaos dagegen nimmt an, daß sie sich wie Sonne und Mond in einem schiefen Kreise um das Feuer (das ewige Weltfeuer) bewege. Herakleides aus Pontos und der Pythagoräer Ekphantos geben der Erde eine Bewegung, nicht fortschreitend, sondern rotierend, so daß sie von Abend gegen Morgen um ihre Achse gedreht werde."

Zur Gewißheit der Erdbewegung gelangte aber Kopernikus erst nach und nach durch fortgesetzte Beobachtungen der Mondfinsternisse und der Planetenbewegungen, wozu er sich die erforderlichen Instrumente selbst verfertigte. Das bedeutendste seiner Werke, an welchem er zwanzig Jahre lang arbeitete, handelt in sechs Büchern von den „Verläufen der Himmelskörper", und es war dem Verfasser desselben noch vor seinem Hinscheiden vergönnt, um Mitte Mai 1543, einen Blick auf den ersten gedruckten Bogen dieses unsterblichen Buches zu werfen; darauf schlossen sich seine Augen für immer. — Drei Jahre nach dem Tode dieses Begründers der neueren Astronomie erblickte das Licht der Welt Tycho Brahe (geb. 1546, gest. 1601), der sich u. a. durch den Versuch, die Ptolemäische und die Kopernikanische Weltanschauung zu vermitteln, bekannt gemacht hat. Zeugt die Möglichkeit solchen Unternehmens von der Langsamkeit, mit welcher die Lehre des Kopernikus sich Bahn brach, so hat doch Tycho sich ein großes Verdienst und seinen Platz in der Geschichte unsrer Wissenschaft dadurch gesichert, daß er die Bahn des Mars schärfer bestimmte, einen Sternenkatalog zusammenstellte und den Kometen fleißige und erfolgreiche Beobachtungen zuwandte.

Wenn aber Kopernikus ein für alle Mal festsetzte, daß sich die Planeten um die Sonne bewegen, so blieb es Johann Kepler vorbehalten, durch die drei nach ihm benannten Gesetze die weiter gehende Frage zu lösen, wie jene Bewegung stattfindet. Zu Weil im Württembergischen 1571 geboren, studierte Kepler in Tübingen, wirkte als Lehrer der Mathematik in Steiermark und fertigte Kalender; er mußte jedoch als Protestant seine dortige Stellung aufgeben und ging dann nach Prag, um Tycho bei Herstellung der sog. Rudolfinischen Tafeln zu unterstützen. Hier entdeckte er sein erstes und zweites Gesetz der Planetenbewegungen. Trübe Familienverhältnisse und unzureichendes Auskommen bestimmten ihn, eine Lehrerstelle in Linz anzunehmen; dort entdeckte er das dritte seiner großen Gesetze. Abermals seines Glaubens halber vertrieben, fand er Aufnahme bei dem sterngläubigen Wallenstein, der ihm zwar ein akademisches Lehramt in Rostock gewährte, aber nicht für Zahlung des Gehaltes sorgte. In Kummer und Elend starb Kepler 1630 zu Regensburg, wohin er gegangen, um vom Reichstage seinen seit Jahren rückständigen Gehalt zu erbitten. Schon 1609 hatte er sein Werk über die „neue Astronomie oder über die Physik des Himmels" fertig gestellt, das ihm für alle Zeiten einen ersten Platz unter den Forschern sichert. Weniger unglücklich als Kepler, aber doch auch vom Geschicke und der Thorheit der Menschen verfolgt, war sein großer Zeitgenosse Galileo Galilei. Zu Pisa 1564 geboren lebte er teils in dieser Stadt, teils in Padua als Lehrer der Mathematik und förderte nicht nur durch die hervorgehobene Erfindung, sondern auch durch Entdeckung der Gesetze des freien Falles wie der Pendelbewegung ganz wesentlich die Fortentwickelung der astronomischen Wissenschaft. Das Fernrohr erschließt neue Pforten, durch welche des Menschen Auge in die fernen Welten dringt, und Galilei ist der erste Erdgeborne, welcher die Monde des Jupiter, die Phasen des Merkur und der Venus, die Gebirge auf dem Monde, den Ring des Saturn und die Flecken der Sonne gesehen. — Durch die Verbesserung des Fernrohrs, wie sie zunächst Christian Huyghens erzielte, gelang es dann auch bald, die wahre Gestalt des Saturn und einen seiner Trabanten zu ermitteln. Dieser berühmte Mathematiker und Physiker Hollands hat sich unter anderm

Christian Huyghens.
(Geb. 14. April 1629, gest. 8. Juli 1695.)

auch durch seine Studien über die Verwertung des Pendels, besonders bei den Uhren, sowie durch seine allgemein bekannten Untersuchungen über die Natur des Lichtes verdient gemacht.

Das Sterbejahr Galileis (1643) ist das Geburtsjahr von Isaak Newton, der bis zu den letzten Gründen für die harmonische Gliederung unsres Sonnensystems vordrang. Wenn Kopernikus es nachwies, daß sich die Planeten um die Sonne bewegen, Kepler uns zeigte, wie sie sich bewegen, so offenbarte Newton, warum sie sich so und nicht anders bewegen. Denn der denkende Mensch begnügt sich nicht mit Ermittelung der Wahrheit, er will sie erklärt haben im Zusammenhange mit den verwandten Erscheinungen, und den Grund solchen Zusammenhanges zu erkennen, bleibt die höchste Aufgabe aller Wissenschaften. Der große Geist, welcher einen solchen Grund für die Astronomie legte, erstand in dem englischen Dorfe Whoolsthorpe um die Weihnachtszeit des oben genannten Jahres. Schon als junger Mann soll Newton in seinem Geburtsorte auf die ersten Gedanken an ein allgemeines Gesetz der Schwere gekommen sein, als eine Kraft, welche im ganzen Weltenraume herrscht und ebenso den Fall der Körper auf unserm Planeten wie die Bahnen und die Geschwindigkeiten aller Himmelskörper bewirkt. Aber zwanzig Jahre dauerte es, ehe er die Ergebnisse seines Nachdenkens zu einer einheitlichen Theorie zusammenfassen konnte, wie sie sich in seinem unsterblichen Werke über die mathematischen Grundgesetze der Naturlehre dargelegt findet. Er starb hochbetagt im Jahre 1727. Der vielbesprochene Apfelbaum, in dessen Schatten ruhend er einst aus der fallenden Frucht den ersten Gedanken der Schwerkraft erfaßt haben soll, stand noch bis in unser Jahrhundert und fiel erst 1826, selber gehorchend dem Gesetze der Schwere, gebrochen vom Sturm. — Ein jüngerer Zeitgenosse und Landsmann des großen Briten, Edmund Halley (geb. 1656, gest. 1724), hat sich durch die Berechnung vieler Kometenbahnen bekannt gemacht, auch verdienstvolle Arbeiten über die Bewegung des Mondes und über die Sonnen-Parallaxe verfaßt. Ein andrer englischer Astronom in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, James Bradley (geb. 1692, gest. 1762), berühmt durch

Heinrich Wilhelm Olbers.
(Geb. 11. Oktober 1758, gest. 2. März 1840.)

die Genauigkeit seiner Beobachtungen, führte die Lehren von der Aberration des Lichtes und der Nutation der Erdachse in unsre Wissenschaft ein.

Kopernikus, Kepler, Newton (zwei Deutsche und ein stammverwandter Brite) hatten den Bau und die Ordnung unsres Sonnensystems gelehrt; einem französischen Forscher blieb es vorbehalten, die denkbare Entstehung dieses Systems im Sinne einer allgemeinen Weltordnung zu entwickeln. Hierzu diente dem Marquis Pierre Simon de Laplace (geb. 1749, gest. 1827) eine kühn erfaßte (ebenfalls von dem Königsberger Philosophen Immanuel Kant in ähnlicher Weise angeregte) Gedankenreihe, welche er zwar unter teilweisem Widerspruch der Mitwelt, aber zur Befriedigung nachfolgender Forscher in ihren Hauptpunkten kurz dargelegt hat. Seinem Zeitgenossen Friedrich Wilhelm Herschel (geb. 1738, gest. 1822), einem gebornen Deutschen, der aber in England sein glorreiches Leben unsrer Wissenschaft widmete, gelang es, das Rüstzeug zur Eroberung ferner Himmelswelten wesentlich zu vervollkommnen und von seinen Eroberungszügen dorthin große Ergebnisse in unsre irdische Heimat zurückzubringen. Mittels der selbstgeschaffenen (bis zwölf Meter langen) Teleskope drang dieser Meister im Beobachten bis zu den fernen Grenzen unsrer Sonnenwelt wie in die Tiefen des Universums vor; er entdeckte den Planeten Uranus, löste Nebelflecke in Sternhaufen auf und suchte, die Fixsternwelt erforschend, den Bau des Himmels zu ergründen.

Joseph Fraunhofer.
(Geb. 6. März 1787, gest. 7. Juni 1826.)

So wetteiferten die größten Geister der heutigen Kulturvölker miteinander, den astronomischen Forschungen die möglichste Förderung angedeihen zu lassen. Zugleich entstanden vortrefflich eingerichtete Sternwarten, wie die zu Greenwich, Paris, Berlin, bei Gotha, zu Pulkowa bei Petersburg, und es bildete sich die Kunst, astronomische Instrumente zu bauen (gefördert namentlich durch die Leistungen der berühmten Optiker Dollond, Vater und Sohn, sowie insbesondere Joseph Fraunhofers) zu immer größerer Vollendung aus. Auch die Mathematik machte, angespornt durch die Probleme, welche die Astronomie ihr vorlegte, bedeutende Fortschritte. Den Ausbau des mathematischen Teiles der Himmelskunde haben fast gleichmäßig Deutsche, Engländer und Franzosen vollendet. Der größte

aller Mathematiker, welche die Erde je trug, Karl Friedrich Gauß (geb. 1777, gest. 1855 zu Göttingen), löste u. a. in seiner „Theorie der Bewegung der himmlischen Körper“ ein Problem, das ebenso wichtig wie unlösbar dastand. Neben ihm führte Friedrich Wilhelm Bessel (geb. 1784, gest. 1846) zu Königsberg, welcher zuerst die Entfernung eines Fixsternes (im Sternbilde des Schwan) feststellte, die Kunst, möglichst fehlerfreier Beobachtung auf eine Höhe, die noch nicht überstiegen ist. Reich an Verdienst, besonders als Lehrer der Astronomie, war Johann Franz Encke (geb. 1791, gest. 1865), welcher, als Direktor der Berliner Sternwarte 1825 an Bodes Stelle berufen, viele wissenschaftliche Abhandlungen, namentlich in dem von ihm geleiteten „Berliner astronomischen Jahrbuch“ veröffentlichte, auch die Bahn des nach ihm benannten Kometen berechnete. Sein Zeitgenosse und Landsmann Johann Heinrich Mädler (geb. 1794, gest. 1874) hat uns hauptsächlich mit der Oberfläche des Mondes sowie des Planeten Mars bekannt gemacht, auch die Fixsternkunde bereichert. Anderseits haben der Franzose Joseph Leverrier (geb. 1811, gest. 1881) und der Engländer John Adams (geb. 1819) mit der Spitze der Feder unserm Sonnensystem ein neues Glied zugeführt, das sie durch bloße Berechnung in dem später Neptun genannten Planeten ermittelten. Einen neuen eigenartigen Fortschritt in der Entwickelung unsrer Wissenschaft verdanken wir aber einem Italiener, dem Jesuitenpater Angelo Secchi zu Rom (geb. 1818, gest. 1878), welcher mit Hilfe spektralanalytischer Untersuchungen die physische Beschaffenheit der Himmelskörper zu ergründen sich bestrebte. Diese Anwendung der Experimentalphysik auf Sonne und Sterne hat nunmehr sogar gestattet, in den Tiefen der Himmelsräume stoffliche Verschiedenheiten zu erkennen und die Einheit der Materie durch den ganzen Weltenraum darzulegen.

Johann Franz Encke.
(Geb. 23. September 1791, gest. 26. August 1865.)

Neben den bisher genannten Himmelserforschern hat sich eine Zahl andrer durch Entdeckungen noch unbekannter Himmelskörper unsterblichen Ruhm in der Wissenschaft erworben. Ich denke hierbei zunächst an den Italiener Giuseppe Piazzi (geb. 1746, gest. 1826), Direktor der Sternwarte zu Palermo, welcher

zuerst die bis dahin noch offene Kluft zwischen den Bahnen der Planeten Mars und Jupiter durch Auffindung eines kleinen Wandelsterns ausfüllte. Die Entdeckung des Planetoiden Ceres erfolgte am ersten Tage dieses Jahrhunderts, in der Nacht des ersten Januar 1801, und so dürfen die Astronomen mit Stolz von sich rühmen, daß das erste größere Ereignis des neunzehnten Säkulum der Himmelskunde zu gute kommt, mit andern Worten, daß unser Jahrhundert mit einer astronomischen That eröffnet wurde. Bald folgten von andrer Seite mehrere Entdeckungen gleicher Art, und heute ist die Reihe der aufgefundenen kleinen Planeten oder Asteroiden bereits auf fast drittehalbhundert gestiegen. Den nächsten (Nr. 2, Pallas genannt) fand im März 1802 der deutsche Forscher Heinrich Wilhelm Olbers (Arzt und Astronom) in Bremen (geb. 1758, gest. 1840), welcher sich auch durch neue Berechnungsmethoden für die Kometenbahnen verdient gemacht hat. Eine größere Anzahl dieser kleinen Himmelskörper aufzufinden, gelang dem englischen Astronomen John Russel Hind, welcher nicht weniger als elf nach und nach entdeckte. Ihm nahe in gleicher Leistung kam De Gasparis, Astronom an der Sternwarte auf dem Capo di Monte zu Neapel. Noch übertroffen wurden beide von einem Deutschen, Karl Robert Luther (geb. 1822, seit 1851 Direktor der Sternwarte zu Bilk bei Düsseldorf), welcher mehr als zwanzig Asteroiden auffand, ebenso von dem Maler Goldschmidt zu Paris. Der Engländer Pogson zu Oxford, ferner Watson zu Ann-Arbor und der Österreicher Palisa, jetzt in Wien, ermittelten ebenfalls eine Reihe kleiner Wandelsterne.

F. W. Argelander.
(Geb. 22. März 1799, gest. 17. Febr. 1875.)

Unter andern verdienstvollen Astronomen will ich für jetzt nur noch Friedrich Wilhelm Argelander (geb. 1799, gest. 1875) hervorheben, welcher zuerst die Sternwarte zu Abo, dann die zu Bonn leitete, die Eigenbewegung der Fixsterne wie des Sonnensystems untersuchte und neben seiner Lehrthätigkeit noch Zeit fand, die „Durchmusterung des nördlichen gestirnten Himmels" auszuführen.

Von Astronomen im Auslande nenne ich Friedrich Wilhelm Struve (geb. 1793, gest. 1865) zu Dorpat und Pulkowa, sowie dessen Sohn Otto Wilhelm

Struve, ferner den Briten George Biddel Airy, von 1836 bis 1882 an der berühmten Sternwarte zu Greenwich, auch d'Arrest, Direktor der Sternwarte zu Kopenhagen (gest. 1875). Von Besitzern namhafter Privatsternwarten möchte ich nennen Samuel Heinrich Schwabe in Dessau, Baron von Engelhardt in Dresden, den Kammerherrn von Bülow auf Bothkamp, A. de Vos in Antwerpen, v. Konkoly in O'Gyalla, L. Hildesheimer in Odessa. Von zwei Deutschen, Bischoffsheim in Paris und dem verstorbenen Dr. Remeis in Bamberg, welche sich durch großartige Stiftungen von Sternwarten einen unvergänglichen Ruhm erworben haben und deren Namen dadurch noch auf die späteste Nachwelt kommen wird, werde ich noch sprechen. Zuletzt darf ich nicht verschweigen, daß sich auch Frauen durch ihr Interesse an der Sternkunde, ja selbst als astronomische Rechnerinnen, verdient gemacht haben; ich denke z. B. an die Verehrerin Keplers, Marie von Lewen (gest. 1664), welche über die Planetenörter Berechnungen aufstellte, ferner Madame Lepaute (gest. 1788), bekannt durch ihre Vorausberechnung des Halleyschen Kometen; vornehmlich erwähne ich aber Karoline Herschel, welche u. a. neun Kometen entdeckte, und Herzogin Louise, Gemahlin des Freundes der Astronomie Herzog Ernst von Gotha, welcher die Berufung eines astronomischen Kongresses im Jahre 1798 zugeschrieben wird.

George Biddel Airy.
(Geb. 27. Juli 1801 zu Alnwick.)

Wir haben hier in kurzen, flüchtigen Zügen ein Bild geschichtlicher Entwickelung der Astronomie; ich mußte freilich manche reiche und interessante Partie mit Stillschweigen übergehen, weil noch die Vorkenntnisse zum näheren Verständnisse mangeln. Aber schon aus den wenigen Andeutungen, die ich jetzt geben konnte, wird klar geworden sein, daß die Himmelskunde ehrwürdig durch ihr Alter, interessant durch ihre Geschichte und bewundernswürdig durch ihre gegenwärtige Ausbildung dasteht. Und endlich möchte ich noch auf eine Thatsache von größter Wichtigkeit aufmerksam machen, auf die nämlich, daß die Astronomie mehr als irgend eine andre Wissenschaft dazu beigetragen hat, die Menschheit geistig frei zu machen, sie von der einseitigen Verehrung des bloßen Wortkrames zu erlösen und mit Hochachtung vor wirklichem Forschen, mit Begeisterung für die Vermehrung positiver Kenntnisse zu erfüllen. Und so betrachtet darf denn auch ein Ausflug in den Himmelsraum zu den genußreichsten Reisen gezählt werden.

Das Sternbild des Orion.

Zweites Kapitel.

Der Weltraum.

Und hättest du den Ozean durchschwommen,
Das Grenzenlose dort geschaut,
Dort sähest du doch Well' auf Welle kommen,
Selbst wenn es dir vorm Untergange graut; —
Säh'st Wolken ziehen, Sonne, Mond und Sterne. —
Nichts wirst du sehen in ewig leerer Ferne,
Den Schritt nicht hören, den du thust,
Nichts Festes finden, wo du ruhst.

Schrankenlos dehnt sich nach allen Seiten hin der Luftozean aus, an dessen Grunde, auf der Erdoberfläche, wir atmen. Steigen wir empor, sei es mühevoll und langsam an den zerrissenen Felswänden der Alpen oder den Vulkankegeln der Kordilleren, oder anstrengungslos im gasgefüllten Ballon, so gelangen wir in Schichten von zunehmend geringerer Dichte der Lufthülle, und endlich wird jedes weitere Aufsteigen unmöglich, weil die Luft zu dünn ist um dem Atmungsbedürfnisse lebender Wesen zu genügen. Das findet in einer Höhe von etwa einer deutschen Meile statt; noch höher hinauf erreicht die Verdünnung der Luft rasch einen Grad, den wir in der Tiefe kaum mit unsern besten Luftpumpen herstellen können. Und doch gehören diese Luftteilchen zur Erde. Wie mag es erst jenseit derselben im eigentlichen Weltraum aussehen? Leer, stofflos kann dieser Raum nicht sein. Das ist schon an und für sich wenig wahrscheinlich, ja es beweist unwiderleglich

das wogende Meer der Licht- und Wärmewellen, die aus unendlichen Fernen von Stern zu Stern, von Sonnen zu Planeten strömen. Ist das Licht einmal, wie es auf dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft unumstößlich erscheint, als Bewegung erkannt, so fordert diese Bewegung auch einen Träger, einen Stoff, und diesen raumerfüllenden, stofflichen Träger des Lichts hat man Äther genannt. Der Name „Äther“ könnte leicht eine ganz falsche Vorstellung von den Wärmeverhältnissen des Weltraumes in uns erregen, und wir könnten an eine Feuerluft denken, wie sie die Alten sich vorstellten. Es handelt sich aber hier lediglich um einen Namen, und jedenfalls ist es unzweifelhaft, daß die Temperatur des Weltraums alles eher als warm ist. Man könnte bezweifeln, daß man im stande sei, über die Temperatur des Raumes irgend eine Gewißheit zu erlangen. Unmittelbar mit dem Thermometer können wir sie freilich nicht messen, wohl aber durch Schlüsse, die sich auf irdische Verhältnisse gründen. Die von den Sonnenstrahlen erwärmte Erdoberfläche und der Luftkreis selbst bis zu seinen höchsten Schichten strahlen beständig Wärme gegen den freien Himmelsraum aus. Der Wärmeverlust, den unsre Erde erleidet, muß offenbar dem Temperaturunterschiede des Weltraumes und der Luftschichten entsprechen. Die niedrigste Temperatur unsrer Erde wird darum gewissermaßen eine Ausgleichung beider Wärmequellen bezeichnen und also dem höchsten Temperaturgrade des Weltraumes nahe sein. Zugleich wird jene Welttemperatur auch nicht allzu tief unter diesen höchsten Kältegraden liegen dürfen, da sonst die Wärmeverluste der Erde bald in erschreckendem Maße wachsen müßten. Somit ergibt sich uns für die Temperatur des Weltraumes etwa eine Temperatur von -50^0 bis -60^0 des hundertteiligen Quecksilberthermometers, eine Kälte, wie sie nur an seltenen Tagen in den fürchterlichen Einöden Sibiriens oder der eisigen Inselwelt des nördlichen Amerika beobachtet worden ist. Wir wollen aber diese Angabe nicht bloß als eine annähernde, sondern auch nur als eine durchschnittliche gelten lassen. Denn auch der Astronom muß zugeben, daß die Wärmequellen des Weltraumes mannigfaltige und wechselnde sind. Ich will hier nicht einmal besondern Wert legen auf die im Innern und an der Oberfläche der Weltkörper beständig stattfindenden, von Humboldt als elektromagnetisch bezeichneten Prozesse, welche uns als Licht kund werden, wiewohl auch sie nach heutigen physikalischen Begriffen ohne Wärmeentwickelung nicht denkbar sind. Aber jedenfalls werden uns als solche Wärmequellen wirkliche Verdichtungsprozesse einleuchten, wie sie offenbar dort oben stattfinden. Denn jede Verdichtung, jeder Übergang des Gasförmigen oder Flüssigen zum Starren ist von einer Wärmeentbindung begleitet. Die Urgeschichte unsrer Erde und was wir von den Oberflächen der Planeten wissen, weist uns ja darauf hin, daß aus dunstförmigem Zustande Erde und Planeten erstarrten, und daß sie dem Gestaltungsprozesse der sich ballenden Materie den Ursprung ihrer inneren Wärme verdanken. Warum soll also nicht auch in den fern aufglimmenden Punkten des Himmels solch ein Verdichten und, ich möchte sagen, Aufrollen von Nebeln stattfinden, das für gewisse Regionen des Weltraumes natürlich auch eigentümliche Wärmeverhältnisse bedingen wird! So machen wir uns denn gefaßt, auch

verschiedenen Wärmestrichen auf unsrer Wanderung durch den Himmelsraum zu begegnen. Freilich werden wir uns nach irdischen Begriffen kaum größere Behaglichkeit versprechen können, als sie etwa ein sibirisches Winterklima zu bieten hat. Auch die Lichtverhältnisse werden diesem Zustande meist entsprechend sein, denn über dem Weltraume lagert schweigende Nacht!

Die Erde freischwebend im Weltraume.

Ihm fehlt das Licht — nicht der strahlende Glanz der Gestirne, sondern das milde, süße Himmelslicht, das die irdische Atmosphäre erfüllt, das dem Himmel sein sanftes Blau und der Flur den prangenden Farbenschmuck leiht, das wie ein duftiger Schleier alle irdischen Dinge umfließt! — Wir wissen meist noch gar nicht, was wir Menschen an unsrer Atmosphäre haben! Nicht die Boten des Himmels selbst, die zarten Lichtwellen sind es, die wir erblicken, sondern nur ihr Abglanz, die erleuchtete Luft schafft unsre Tageshelle. Könnten wir uns nur einmal in einem

Luftballon über die Dunstschichten unsrer Atmosphäre sehr hoch erheben, da würden wir das Blau des Himmels schwinden sehen, eine dunkle, schwarze Nacht würde uns umfangen, aus der in ungetrübtem, blendendem Glanze die scharf begrenzte Sonnenscheibe mitten in dem Heere der nicht mehr funkelnden, sondern ruhig glimmenden Sterne uns entgegenstrahlte. Solch eine ewige Sternennacht erwartet uns auch dort oben. Tag und Nacht, wie sie uns Menschen einzig taugen, auf sie verzichte, wer sich zu den Räumen des Äthers emporschwingt! Nacht und Schweigen, das ist der Charakter des Äthers; kein Laut, kein Ton dringt dort in unser Ohr, kein Sonnenstäubchen durchzittert den schweigenden, ruhenden Ozean!

Aber wie sollen wir diesen Raum ohne Luft, ohne Licht, ohne Laut durchmessen! Etwa auf den Flügeln des Sturmwindes?

Auf solche Beförderungsmittel würden wir selbst bald verzichten, wenn wir an die Größe der Strecken, an die Unermeßlichkeit der Räume denken, die wir zu durchwandern haben. Der Sturmwind? Nun wohl, er mag manchmal 15 ja 20 m in einer Sekunde, er mag ganze Länder in wenigen Stunden durchtoben, aber für unsre himmlischen Räume würde er nicht einmal zu einer Spazierfahrt taugen. Selbst zu unserm nachbarlichen Monde würde er uns erst in $9^1/_2$ Monaten hinauftragen. Aber wir wollen weiter, viel weiter; wir haben keine Zeit, uns an solchen Schneckenschritt zu binden. Haben wir etwa 315 Jahre zu leben, um auf den Flügeln des Sturmwindes auch nur zur Sonne zu kommen?

Hier stehen wir also anscheinend ratlos. — Aber gerade so ratlos standen auch einst, d. h. vor Jahrtausenden, unsre Vorfahren in mancher heiteren Sternennacht, sehnend den Blick zum Horizont gerichtet, wo vor kurzem der glühende Sonnenball niedersank. Da ward es ihnen plötzlich, als nahten hilfreiche Geister, als flüsterte es leise um sie: Wir sind Boten von dort oben, wir wollen euch tragen; versucht es nur, vertraut euch unsern zarten Wellen, und ihr werdet auf ihnen gleiten zu jenen Wunderwelten, von denen wir stammen! Wer seid ihr, himmlische Wesen? fragten unsre Ahnen erstaunt. Ihr saht uns oft, erwiderten sie, wir spielten und plauderten mit euch; aber ihr achtetet unser nicht, ihr verstandet uns nicht, weil ihr die Sehnsucht nicht kanntet. Wir sind die Lichtstrahlen jener Welten, die auf den Wellen des Äthers hin und wieder schweben. Nun begannen die sinnreichen Versuche, die Lichtstrahlen zu zähmen und einzuspannen. Hatte es aber schon Jahrhunderte lang gefahrvoller Mühen bedurft, die groben und schweren Wellen des Meeres unter die Herrschaft des Menschen zu beugen, so war es doch noch schwieriger, den flüchtigen Ätherwellen beizukommen. Endlich aber war die Kunst ihrer Zähmung gefunden. Getrost schwang man sich auf den Rücken des Lichtstrahls, und kaum eine Sekunde dünkte verflossen, da war man bereits am Monde vorübergesaust; nur wenige Minuten weiter, da schwebte schon der ungeheure Sonnenball vor den erstaunten Blicken. Bald entschwand auch dieser wieder, und immer tiefer tauchte der Mensch vom Lichtstrahle getragen in die Nacht des unendlichen Raumes. Die Planeten flogen vorüber gleich den Wärterhäuschen an einer Eisenbahn; er durchschnitt einen Schwarm zahlloser Feuerkugeln und Sternschnuppen; er eilte vorüber an den Planetoiden, dann an

dem mächtigen Balle des Jupiter und seinen Monden, am Saturn mit seinen seltsamen Ringen, am Uranus mit seinen 42jährigen Tagen und Nächten und nahte dem äußersten Planeten unsres Sonnensystems, dem durch einen der höchsten Triumphe menschlicher Wissenschaft den Erdbewohnern bekannt gewordenen Neptun. Über 4¼ Stunden waren verflossen, seit er mit seinem ätherischen Rosse von der Erde aufbrach, und noch schimmerte ein reiches Ziel in unendlicher Ferne.

Ohne Rast eilte er weiter. Er stürzte sich in das Gewühl der zahllosen Kometen, die nach allen Seiten hin jene Räume durchstreifen; er tauchte in ihre Millionen Meilen langen Schweife und ergötzte sich an den seltsamen Gestalten und dem luftig zarten Stoff ihrer Kerne, gegen welchen der feinste Nebel auf unsrer Erde noch dicht zu nennen wäre. Er grüßte den gesegneten Kometen des Jahres 1811 mit seinem prachtvollen Doppelschweife, der wie ein glänzender Schleier dessen Kopf umwallte. Er drang mitten durch das Herz des gefürchteten Kometen von 1556, der einst Kaiser Karl V. zur Niederlegung seiner Krone bestimmte, und dessen irrtümlich erwartete Wiederkehr noch in unsrer Zeit der Aufklärung Millionen Herzen mit Angst erfüllte. Tagelang sauste er, vom Lichtstrahle getragen, in schwindelndem Fluge dahin, und immer wieder tauchten neue Kometen in den Tiefen des Raumes auf, Kometen, die vielleicht erst nach Jahrtausenden irdischem Auge erscheinen werden. Trotz des schwindelnden Fluges waren also noch nicht einmal die Grenzen unsres Sonnengebietes erreicht.

Da schaute er denn zurück auf das Weltengewühl, das er verlassen, auf die Tausende bunter Weltenformen, hier in dichte, schwere Kugeln geballt, dort ätherisch leicht in ungeheure Räume ausgedehnt, alle von einer Ordnung, einem Willen umfaßt, alle einer mächtigen Herrscherin, der Sonne, huldigend und sie umkreisend, wie an unsichtbaren Fäden gezogen. Endlich schwanden auch die letzten vereinzelten Wanderer dieses Reiches hinter dem kühnen Lichtreisenden. Eine fremde Welt nahm ihn auf. Der Flug des Lichtes erlahmte fast in dieser weiten Einöde, und noch immer derselbe Sternenschimmer in derselben nebelnden Ferne! — Was ist das für ein glänzender Stern dort gerade vor uns, dem wir entgegen zu eilen scheinen? fragt er seinen ätherischen Freund. — Den solltest du doch kennen, flüsterte der Lichtstrahl, deine irdischen Brüder im Süden sind ja so stolz auf diesen funkelnden Schmuck ihres Himmels, den prächtigen Stern des Centauren! Das ist übrigens in der That unser nächstes Reiseziel, der erste Ruhepunkt, den wir in weitem Umkreise finden werden. Viertehalb eurer Erdenjahre sind freilich verflossen, seit diese Lichtstrahlen, die hier an uns vorübergleiten, von jener Nachbarwelt ausgingen. — Viertehalb Jahre? fragte der Wanderer erstaunt. — Und wie lange soll unser Flug währen, bis wir in die schimmernden Nebel der Milchstraße eintauchen, die mir noch immer gerade so fern dünkt, als sie mir auf Erden schien? — Wohl tausend Jahre, erwiderte der Lichtstrahl gleichgültig — eine Kleinigkeit für uns Kinder der Unendlichkeit! — Aber eine Ewigkeit für uns Kinder der Erde! rief der kühne Himmelsstürmer erschreckt, und der Flug des Lichtes, der ihm eben noch Schwindel erregte, dünkte ihm jetzt nur noch ein langweilig schleichender Schneckenschritt. — Warum wagst du dich in diese Räume,

wenn die Ewigkeit dich schreckt? — spottete der Lichtstrahl. Sieh, achttausend Jahre lang fliegen wir von einem Ende des schimmernden Sternenhimmels über dir zum andern. Und jenseits grüßen uns wieder neue, größere Weltensysteme.

Nicht umsonst sollst du gewarnt haben, dachte der Mensch, und erinnerte sich jener schönen nordischen Sage, welche den schnellsten Läufer des erd- und meererschütternden Thor durch einen unbekannten Gegner im Wettlaufe besiegen läßt. Dieser unbekannte schnellfüßige Sieger war der Gedanke! Du magst gut sein, rief er verächtlich dem Lichtstrahl zu, als Bote von Welt zu Welt zu wandern und die Sehnsucht und das Leben der Welten zu verkünden; aber dem forschenden Menschengeiste bist du ein träger Geselle. Nur der Gedanke mag ihn durch die Räume des Himmels tragen.

Auf flüchtigeren Schwingen schwebte der Mensch nun dahin zu den funkelnden Sternen. Erde und irdisches Maß waren vergessen. Frei schweifte er rechts und links, hier und dorthin, dem Zuge der Neugierde folgend. Riesige Sonnen, hundertmal an Glanz und Größe die bekannte übertreffend, begegneten ihm; dichter und dichter scharten sich die Welten und vereinigten sich zu Gruppen, die in lustigem Tanze durcheinander wirbelten. Hin und wieder fing er wohl auch einen Lichtstrahl auf, der aus den fernen Nebelregionen herüber kam, und er forschte ihn aus und erhielt Kunde auch von den Wundern jener Ferne, für welche die Phantasie vergeblich nach Bildern suchen würde.

Ich habe anscheinend ein Märchen erzählt, aber es ist unser eignes Reisemärchen. Meine Leser werden mich schon verstanden haben, und werden es noch besser, wenn ich mich prosaischer ausdrücke. Was ich ihnen von dem wunderbaren Fluge des Lichtes erzählte, war schon nüchterne Prosa. Jene eigentümliche Wellenbewegung, die wir Licht nennen, wenn sie von den mitschwingenden Nerven unsres Auges empfunden wird, besitzt in der That eine solche Geschwindigkeit, die von unsrer Phantasie nicht mehr erfaßt, von der Wissenschaft aber dennoch gemessen werden kann. Wir fragen, wie das möglich sei? Nun, denken wir uns eine Erscheinung am Himmel, die regelmäßig nach unabänderlichem Gesetze und, ohne ihren Ort wesentlich zu verändern, in bestimmten Zeiträumen sich wiederholt, denken wir uns dann, wir könnten während solcher Zwischenzeiten uns eine Strecke weit entfernen, so weit freilich, daß sie für die Geschwindigkeit des Lichtes noch von einiger Bedeutung bliebe: so würden wir doch offenbar die wiederkehrende Erscheinung nicht mehr in den gleichen Perioden, sondern bei jeder Wiederkehr etwas verspätet beobachten. Diese Verspätung nun würde im Verhältnis zu der vergrößerten Entfernung natürlich die Geschwindigkeit des Lichtes messen. Eine solche Erscheinung gibt es am Himmel in der That, und sie gewährte schon vor Jahren das Mittel zur Messung dieser geschwindesten aller Bewegungen. Dort oben im Südwesten steht der Jupiter, und in seiner Nähe hat uns das Fernrohr seine vier Monde entdeckt, die ihn nach ewigen Gesetzen umkreisen, gerade wie unser Mond unsre Erde, der nächste jedesmal in 42 Stunden 28 Minuten. Bei jeder Umkreisung tritt dieser Mond seiner großen Nähe wegen einmal in den Schatten seines gewaltigen Hauptplaneten; der Astronom sieht ihn sich verfinstern.

Genau wie der Lauf des Mondes sollten nun auch diese Verfinsterungen eintreten, und der Uhr und dem Auge des gewöhnlichen Beobachters würde es freilich auch so scheinen. Aber der Astronom sieht und mißt anders. Der Däne Olof Römer beobachtete schon im J. 1675, daß der Eintritt der Verfinsterung sich regelmäßig um 14 bis 15 Sekunden verzögerte, wenn die Erde sich in ihrem Laufe vom Jupiter in gerader Richtung entfernte. Was war also einfacher, als diese Verzögerung aus der Zeit zu erklären, welche das Licht des Jupiter und seines Mondes zum Durchlaufen dieses größeren Raumes gebrauchte? Die Erde hatte sich aber in den 42 Stunden 28 Minuten um 4 425 000 Kilometer oder 590 000 Meilen entfernt, das Licht hatte also in jeder Sekunde etwa 315 750 Kilometer oder 42 100 Meilen zurücklegen müssen. Das ist freilich eine Geschwindigkeit, wie sie uns für irdische Verhältnisse kaum meßbar erscheint, die millionenmal die Geschwindigkeit des Schalls, 10 000 mal den Flug der Erde übertrifft!

Die ungeheure, jede Vorstellung überbietende Geschwindigkeit des Lichtes erscheint nach der Methode, welche ich in kurzen Umrissen schilderte, meßbar, indem man den Lichtstrahl bei seiner Bewegung durch einen ungeheuer großen Raum verfolgt. Aber dieses ungeheueren Raumes bedarf es bei uns gar nicht einmal. Die Wissenschaft weiß nicht bloß den Flug des Lichtes für Strecken, wie von der Sonne zur Erde, sondern für kurze irdische Strecken, für Strecken von 4 m zu messen. Denken wir, was das heißt! Eine solche Strecke entspricht für den Flug des Lichtes ungefähr dem 77 000 000. Teile einer Sekunde! In der That, die Wissenschaft hat selbst in ihren großartigsten Schöpfungen nichts Sinnreicheres erdacht, als die Uhr, welche Millionteile einer Sekunde zählen lehrt! Die Kunst dieser Messung beruht einfach in der Umwandlung der Zeit in scheinbare Raumdistanzen, und das Mittel zu dieser Verwandlung ist eine meßbare Bewegung von außerordentlicher Geschwindigkeit. Wir werden leicht begreifen, daß man mit Hilfe zweckmäßig verbundener Zahnräder im stande ist, Umdrehungen von beliebiger Geschwindigkeit hervorzubringen. Man hat Apparate gebaut, in denen ein Cylinder in jeder Sekunde 1000—1500 Umläufe um seine Axe vollendet. Ist nun der Umfang eines solchen Cylinders selbst wieder eingeteilt, etwa in 360 Grade, so entspricht jeder Teilstrich des rotierenden Cylinders dem 360 000. resp. 540 000. Teile einer Sekunde. Nimmt man das Mikroskop zu Hilfe, so kann man noch kleinere Teile unterscheiden, die also recht gut Zehn- und Hundertmillionteln der Sekunde entsprechen können. Ist also ein Ereignis von so außerordentlich kurzer Zeitdauer zu messen, so genügt es, seinen Anfang und sein Ende sich selbst durch Marken, etwa durch die von elektrischen Funken zurückgelassenen Punkte verzeichnen zu lassen, und der Abstand dieser Marken von einander wird den sichersten Schluß auf die verflossenen Zeitteilchen gestatten. Die Messung der Lichtgeschwindigkeit erfordert statt des rotierenden Cylinders einen rotierenden Spiegel. Erzeugt man nun an einer und derselben Stelle schnell hintereinander zwei Lichtblitze, etwa zwei elektrische Funken, oder läßt man, wie es hier der Zweck erfordert, einen solchen dicht vor dem rotierenden Spiegel erzeugten Funken von einem 2 m entfernten ruhenden Spiegel zurückwerfen

und also nach einem Umwege von 4 m auf dieselbe Stelle des rotierenden Spiegels zurückkehren, so werden diese beiden Funken, in dem rotierenden Spiegel gesehen, nicht mehr an derselben Stelle erscheinen, wenn in der Zwischenzeit der Spiegel nur irgend merklich seine Lage ändern konnte. Durch ein Fernrohr läßt sich aber der Abstand dieser Bilder genau beobachten, der Winkel, unter dem sie erscheinen, messen, die vom Spiegel durchlaufene Strecke und damit endlich die zwischen ihren Erscheinungen verflossene Zeit berechnen. Eine sehr sinnreiche Methode, um die Geschwindigkeit des Lichtes zu messen, hat der Physiker Fizeau angewandt. Wir haben hier eine Zeichnung des Apparates, dessen er sich bediente. Derselbe besteht zunächst aus zwei Röhren, welche in der Zeichnung durchschnitten dargestellt und mit I und II bezeichnet sind. Beide Röhren wurden etwa eine Meile voneinander entfernt aufgestellt und mittels der Fernrohre 0 und 0′ genau gegeneinander gerichtet.

Die Röhre auf der Station I besitzt bei B eine gut polierte, völlig ebene Glasplatte, welche um einen Winkel von 45° gegen die Verbindungslinie 00′ geneigt ist. In A befindet sich eine Gasflamme, die ihr Licht auf den Spiegel B wirft, wo es zum Teil durchgelassen, zum Teil aber in der Richtung der Röhre II gespiegelt wird. Hier befindet sich nun bei D, senkrecht zur Verbindungslinie 00′ ein ebener Spiegel, welcher den auffallenden Lichtstrahl in derselben Richtung, aus welcher er kam, wieder zurückwirft, worauf dieser die Glasplatte B passiert und in das Auge 0′ des Beobachters tritt. Dieser letztere erblickt also das Licht A, welches sich seitwärts neben ihm befindet, in der Richtung D, nachdem die Lichtstrahlen, um in sein Auge zu gelangen, den Weg ABD und DB0′ zurückgelegt haben. Bei C befindet sich nun ein Rad, welches an seinem Umfange eine große Anzahl von Einschnitten oder Zähnen besitzt, die genau in der Mittellinie des Apparates liegen. Dieses Rad läßt sich mit großer Schnelligkeit um seine Achse drehen, so daß abwechselnd ein Zahn und eine ebenso breite Lücke über die Mittellinie 00′ hinweggeht. Wenn nun der Lichtstrahl von A über B nach D hin geht, so kann er den Spiegel in D offenbar nur treffen, wenn kein Zahn im Wege steht, und ebenso kann der Beobachter in 0′ das Bild der Flamme A in dem Spiegel D nur erblicken, wenn der Strahl von D auf seinem Rückwege eine Lücke des Rades antrifft. Wir wollen jetzt annehmen, das Rad stehe still und zwar mit einer Lücke über der Linie 00′. In diesem Falle geht der Lichtstrahl von B durch die Lücke hindurch, erreicht den Spiegel D, kehrt wieder um, passiert abermals die Lücke und erscheint dem Auge in 0′.

Zwischen dem Hin- und Hergang des Strahles durch die Zahnlücke verfließt eine wenn auch kleine Zeit, und es ist einleuchtend, daß, wenn während dieser Zeit das Rad sich so schnell drehte, daß nun ein Zahn an Stelle der Lücke träte, der Strahl nicht durchpassieren könnte und das Auge in 0′ kein Bild von A mehr wahrnehmen würde. Die Zeit, welche das Rad gebrauchte, um diese Drehung auszuführen, muß natürlich gleich sein derjenigen, welche der Lichtstrahl nötig hat, um die Entfernung zwischen dem Rade und dem Spiegel D zweimal zu durchlaufen. Das ist in Kürze das Prinzip der von Fizeau angewandten Methode. Bei seinen Versuchen war die Entfernung des Spiegels 1,2 Meile und das Rad

besaß 720 Zähne, sodaß jeder Zahn und jeder Einschnitt $\frac{1}{1440}$ des Kreisumfanges betrug. Es fand sich, daß bei 126 Umdrehungen des Rades pro Sekunde Verdunkelung eintrat, der Lichtstrahl gebrauchte also $\frac{1}{126} \times \frac{1}{1440} = \frac{1}{18144}$ Sekunde, um zweimal den Weg von 1,2 Meile zu durchlaufen, seine Geschwindigkeit pro Sekunde beträgt daher 18144 × 2,4 = 43545,6 Meilen. Dieses Resultat ist natürlich nur eine Annäherung an die Wahrheit. In der That hat Foucault in Paris mit einem ähnlichen Apparate, der die höchste Genauigkeit gewährte, die Geschwindigkeit des Lichtes zu 301 192 Kilometern oder 40 159 geographischen Meilen bestimmt, und dieses Resultat kann höchstens um 80 bis 100 Meilen unsicher sein. Ist man schon, wie natürlich, von dieser Genauigkeit überrascht, so wird man seine Bewunderung dem Genius jenes Forschers um so weniger versagen, wenn man erfährt, daß er zu solchem Resultate gelangte, indem er bloß mit einer Entfernung von 20 m operierte!

Fizeaus Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeit des Lichtes.

Für die Wissenschaft gibt es auf diese Weise keinen Raum und keine Zeit mehr. Um die unermeßlichen Fernen des Himmels zu messen, verwandelt sie den Raum in Zeit, und Augenblicke dehnt sie in ein Maß, indem sie ihnen räumlichen Ausdruck verleiht. Sie spielt mit Millionen Meilen und findet Ruhepunkte in dem Lichtblitz eines Momentes!

Wir haben gesehen, was die Blitzschnelle des Lichtes für eine Bedeutung in dem Raume des Himmels erlangte, wie dieser Flug erlahmte und Jahre, Jahrhunderte und Jahrtausende bedurfte, um von Stern zu Stern zu eilen und die Welten trennenden Räume zu durchmessen. Hier wird auch der Lichtstrahl zu einem hinkenden Boten, der nun längst vergangene Dinge berichtet. Jene flimmernden Sterne sind nur noch die abgelösten Bilder einer tausendjährigen Vergangenheit, die Welten, die sie abspiegeln, sind vielleicht längst andre geworden, einzelne vielleicht längst zertrümmert, und nur die kurzen Jahrtausende unsrer Beobachtung erfuhren noch nichts davon. Könnten wir jeden Lichtstrahl, der von dort herniederschießt, auf seinem schwindelnden Fluge begleiten, er würde die

ganze Geschichte des Weltalls wie ein Gemälde vor unsern Blicken aufrollen. Wir würden da allen Lichtstrahlen begegnen, die von Augenblick zu Augenblick seit Millionen Jahren bis heute von unsrer Erde und von den Sternenwelten ausgegangen sind, und die uns die Bilder aller dieser Zeiten abspiegeln würden von den wirbelnden Nebeln des ersten Chaos bis zu den Feuergeburten unsrer Erde.

Ich wollte hier nur ein Bild von der Räumlichkeit des Gebietes entwerfen, das wir bereisen wollen, und das Märchen, das ich dem Leser erzählte, zeigt im Ernst die Mittel, mit denen man allein reisen kann. Wir müssen uns der Lichtstrahlen bemächtigen, und welche Künste die Wissenschaft ersonnen hat, diese geflügelten Geschöpfe zu zähmen, das sollen wir erfahren. Mit einem Worte, wir wollen selbst beobachten, selbst schauen. Wenn uns die Beobachtung dann im Stich läßt, wird der Gedanke in sein Recht treten, nämlich der wissenschaftliche Gedanke, der auf Zahlen sich gründet, der im Spiegel des Gesetzes schaut, was dem Auge verborgen bleibt, und durch Schlüsse eindringt in Tiefen, wo der Lichtstrahl erlahmt.

Sternwarte O'Gyalla.

Der nächtliche Sternenhimmel in der Umgebung des Orion.

Drittes Kapitel.

Die Sternbilder.

Er hat euch die Gestirne gesetzt
Als Leiter zu Land und See;
Damit ihr euch daran ergötzt,
Stets blickend in die Höh'!

Wenn man ein fremdes Land bereisen will, so ist immer das erste, was man zu thun hat, um sich in diesem Lande zurecht zu finden, daß man sich ein Bild von der Lage und Verteilung der Berge, Flüsse, Ortschaften desselben verschafft. Wenn ich in eine Berggegend komme, so suche ich für meinen Teil immer so bald als möglich irgend einen hohen Punkt zu erreichen, um einen Überblick über das Ganze der Landschaft zu gewinnen, um mich über die Beziehungen der Einzelheiten zu der Gesamtheit zu unterrichten. Ist das Land aber zu groß, um es mit einem Blick überschauen zu können, oder fehlt mir jeder bekannte Anhaltspunkt, an den ich die bekannten Punkte anknüpfen könnte, so muß mir eine gute Karte aushelfen. Solche Hilfsmittel werden uns nun auch für unsre Reise durch die Himmelsräume nicht fehlen.

Die ganze Erdkugel ist unsre hohe Warte, und wenn nicht unter uns, so doch über uns breitet sich die ganze weite Himmelslandschaft aus, die wir durchwandern wollen. Wir schauen weit hinaus in dieses Land bis in verschwimmende Tiefen; aber es ist doch ein wesentlich andrer Eindruck, als der, welchen wir empfangen, wenn wir auf eine unsrer irdischen Hügellandschaften hinausschauen. Wir vermissen hier jede Perspektive; wir sehen wohl ein Nebeneinander der Dinge, aber empfinden nichts von ihrem Hintereinander; wir unterscheiden wohl größere und kleinere Punkte, wagen aber doch nicht über wirkliche Größen- oder Entfernungsverhältnisse zu urteilen. Woran kann das liegen? An dem Mangel von Vergleichsgegenständen doch nicht allein! Wir würden doch in einer uns völlig fremden Berglandschaft, wo uns die Höhe oder Entfernung auch nicht eines einzigen Berges bekannt wäre, uns bald in die räumlichen Verhältnisse zu finden wissen und keinen Augenblick den fernen Berg für näher halten als den wirklich nahen. Es ist eben das, was der Maler die Luftperspektive nennt, was uns dieses Bild der Körperlichkeit verschafft; es ist der eigentümliche Ton der Färbung, es sind die Unterschiede der Beleuchtung, die Schlagschatten, welche es machen, daß die fernen Gegenstände sich noch so deutlich voneinander abheben. Diese Luftperspektive fehlt der Himmelslandschaft gänzlich. Darum sehen wir hier in der That nicht leuchtende Kügelchen, sondern Scheibchen, und diese nicht hintereinander, sondern nebeneinander wie auf einer Fläche angeheftet, und so macht uns die Himmelslandschaft fast den Eindruck einer großen, glänzenden Himmelskarte. In der That ist zwischen dem wirklichen Anblick des gestirnten Himmels und dem einer Himmelskarte kein so wesentlicher Unterschied, wie etwa zwischen dem Anblick einer grünen irdischen Landschaft und einer Landkarte. Hier ist der Unterschied eigentlich nur der eines Originals und einer Kopie. Aber darum ist auch eben wieder eine Himmelskarte für die wirklichen Raumverhältnisse des Himmels durchaus nicht das, was eine Landkarte für die räumlichen Verhältnisse eines Landes ist. Es ist gleichsam nur das Profil einer Landschaft, das uns darin dargestellt wird. Es sind nicht die wirklichen Entfernungen, nicht die wirklichen Größen, die wir hier verzeichnet finden, und die Figuren, welche die einzelnen Punkte hier miteinander bilden, müssen wir gleichsam nach der Tiefe hin auflösen, um eine Vorstellung von der Wahrheit zu gewinnen. Darum vermag uns eine solche Himmelskarte auf einer Wanderung durch die unendlichen Weiten der Himmelsräume auch nichts weiter zu leisten, als daß sie die gemachten Erfahrungen auf das ursprüngliche Bild, das der Himmel vom irdischen Standpunkte bietet, zurückzuführen gestattet.

Diese Bemerkungen glaubte ich zum besseren Verständnis voranschicken zu müssen, ehe ich die Sternkarten selbst vorlege und lehre, sich mit ihrer Hilfe auf der lebendigen Sternwarte dort oben zu orientieren. Wer zum erstenmal eine solche Sternkarte zur Hand nimmt, ist überrascht von der seltsamen Menagerie wilder und zahmer Tiere, von Ungeheuern, Göttern und Menschen, die darauf gemalt sind, und es macht Mühe, in diesem bizarren Gemisch auch nur einzelne durch Punkte angedeutete Sterne am Himmel aufzufinden.

In diesen Sternbildern sehen wir aber die Bemühungen eines rohen Altertums, dem Gedächtnis bei der Erforschung des Himmels eine äußerliche Hilfe zu gewähren. Sie mögen zu einer Zeit entstanden sein, wo man noch beständig den Himmel im Auge behielt und der Phantasie, die damals jede Aufzeichnung vertreten mußte, stets durch Anschauung zu Hilfe kommen konnte. Die Geschichte weiß nicht, von wannen und woher sie stammen. Die Bibel erwähnt ihrer und die ältesten ägyptischen Baudenkmäler enthalten ihre Zeichnungen. Viele von ihnen gehören den ersten Anfängen der menschlichen Kultur an und tragen das Gepräge der Beschäftigungen und der Naturereignisse, deren einzige Verkünder und Ordner die Sterne damals waren. Der Auf- und Untergang der Sterne war den Naturvölkern für den Wechsel der Jahreszeiten, was für uns der Kalender ist. Wie der Hundsstern, wenn er an unserm Morgenhimmel auftaucht, uns heute den Anfang der Hundstage verkündet, so war er, der strahlende Sirius, den alten Ägyptern der Wächter des Jahres. Sein Wiedererscheinen in den Strahlen der Morgensonne war der Vorbote der fruchtbringenden Nilüberschwemmung und ward weithin durch eilende Boten im ganzen Lande verkündet. Unter seinem segenverheißenden Zeichen begann man das Jahr. Die Plejaden, wenn sie kurz vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel erschienen, waren die Vorboten des Frühlings, der Skorpion bezeichnete den Eintritt des Winters.

Die Kultur hat zwar allmählich die Phantasie verwässert und die Bedeutung jener Bilder und ihrer Spuren am Himmel verwischt. Der Frömmigkeit einer späteren Zeit erregten diese Reste des Heidentums sogar Anstoß, und man versuchte nicht bloß die Bilder, sondern auch ihre Namen zu vertilgen. Aber weder der christliche Himmel des Augsburgers Schiller mit seinen Erzengeln und Evangelisten, noch der Wappenhimmel des Jenenser Astronomen Weigel haben die alte Poesie aus dem Himmel verdrängt. Selbst über die Kataloge und Sternkarten der neueren wissenschaftlichen Astronomie ziehen die alten Bilder noch wie Schatten dahin. Dem Laien sind sie, was sie von Anfang an waren, noch immer die ersten Führer durch die Landschaft des Himmels. So möge es auch mir gestattet sein, mit Hilfe jener Götter- und Tier-Menagerie ein geordnetes Bild von der Gruppierung der Sterne zurecht zu machen.

Das einfachste Mittel, die Bilder der Sternkarte am Himmel aufzusuchen, besteht darin, die unbekannten Sterne mit den bekannten durch gerade Linien zu verbinden. Jeder kennt gewiß das Sternbild des großen Bären, das Siebengestirn unsrer Landleute, aus dem die Phantasie der Alten bald einen Bären, bald den großen Himmelswagen gemacht hat. Wie die Sage erzählt, war es die schöne Nymphe Kallisto, welche von der eifersüchtigen Juno in eine Bärin verwandelt und, als solche von ihrer Freundin Diana erlegt, von Jupiter unter die Sterne versetzt wurde.

Die drei hellen Sterne, welche den Schwanz des Bären oder nach einer andern bekannten Vorstellung die Deichsel des Wagens bezeichnen, haben schon von den Alten besondere Namen erhalten: sie heißen Benetnasch, Mizar und Alioth. Die vier andern Sterne, welche ein unregelmäßiges Viereck bilden und als die

Räder des Wagens vorgestellt werden müssen, führen gleichfalls besondere Namen, die beiden vorderen Megrez und Phegda, die beiden hinteren Dubhe und Merak. Dicht über dem mittleren Sterne des Schwanzes, dem Mizar, steht noch ein kleiner Stern, Alkor oder das Reiterlein. Die Araber nennen ihn, wie der um die Mitte des dreizehnten Jahrhunderts lebende persische Astronom Mahmud El-Kazwini erzählt, Saidak, d. h. den Prüfer, weil man an ihm die Sehkraft zu erproben pflegte. Die alten Griechen, welche keine Fernröhre besaßen, kannten ihn wohl, und für ein mäßig scharfes Auge ist es selbst in unserm Klima durchaus nicht schwierig, den Alkor zu sehen.

Das Sternbild des großen Bären soll nur den Ausgangspunkt für unsre Rekognoszierungen am Himmel bilden. Denke man sich also zunächst die gerade Linie, welche die beiden äußersten hellen Sterne des großen Bären, Merak und Dubhe, verbindet, nach Norden hin verlängert, so wird der Blick zu einem hellen Sterne hinüberschweifen, der den Endpunkt einer dem großen Bären ähnlichen, nur entgegengesetzt gerichteten Figur bezeichnet. Dieser Stern ist der Polarstern, das Sternbild der kleine Bär, eigentlich Bärin; sie war der Sage nach Jagdhündin der Kallisto, die als große Bärin oder „Dreherin" den Pol umkreist. Wenn man nun durch diesen Polarstern eine Linie von dem ersten Schwanzsterne des großen Bären, dem Alioth, zieht, so trifft man auf eines der reichsten und glänzendsten Sternbilder des nördlichen Himmels, die Kassiopeia. Es sind fünf helle Sterne, welche in ihrer Anordnung ungefähr einem lateinischen W gleichen, auch einigermaßen mit einem umgekehrten Sessel verglichen werden können. Verbindet man nun die beiden letzten und hellsten dieser fünf Sterne durch eine gerade Linie, so gelangt man in der Richtung derselben zu einem ziemlich hellen Sterne, der mit zwei andern ein sehr stumpfes gleichschenkeliges Dreieck bildet, durch welches das zwischen dem kleinen Bären und der Kassiopeia befindliche Sternbild des Cepheus kenntlich ist. Zieht man dann eine Linie von dem Polarsterne über den letzten Stern der Kassiopeia

Das Sternbild des großen Bären.

hinaus, so trifft man abermals den hellsten Stern eines äußerst glänzenden Sternbildes, der Andromeda. Man wird es stets an den drei großen Sternen wieder erkennen, die unter sich ein ähnliches, stumpfes, gleichschenkeliges Dreieck, wie die Sterne des Cepheus, nur auf der entgegengesetzten Seite der Kassiopeia, bilden. Endlich verfolge man nun auch die Richtung dieses Dreiecks links nach Nordosten hin, und eines der prachtvollsten Sternbilder, der Perseus, wird uns entgegen leuchten. Man wird es auch leicht an den beiden hellsten Sternen desselben, dem Algol und Mirfok, merken können, die mit dem letzten hellen Sterne der Andromeda ein fast rechtwinkeliges Dreieck bilden. Diese vier Sternbilder nun, die wir soeben aufgesucht, erzählen uns eine der tragischsten Geschichten des griechischen Altertums. Kassiopeia, so heißt es, die Gemahlin des äthiopischen Königs Cepheus, hatte sich gerühmt, schöner zu sein als die Nereiden. Das erzürnte den Neptun, den Vater der Nereiden, und er sandte ein Meerungeheuer, dem der König seine eigne Tochter Andromeda zu opfern sich entschließen mußte. Schon saß die Jungfrau an den Felsen geschmiedet, das Ungeheuer erwartend, da nahte Perseus mit dem Medusenhaupte, auf dessen Stirn jetzt der Algol funkelt, und befreite die Unglückliche, die er zu seiner Gemahlin erhob.

Das Sternbild der Andromeda.

Zwischen den Sternbildern des kleinen und großen Bären, den kleinen Bären zur Hälfte umschlingend, zieht sich in langen Windungen das Sternbild des Drachen hin. Seine zahlreichen Sterne bilden eine dem Z ähnliche Figur und finden ihr Ende in dem Kopfe des Drachen, der durch die beiden hellsten Sterne bezeichnet wird. Diesen Kopf wird man stets sehr leicht auffinden, wenn man die Linie verfolgt, welche vom Algol durch den mittleren Stern des Cepheus führt. Die Poesie der Alten dachte sich unter jenem Bilde den Drachen, der einst den Garten der Hesperiden bewachte, und der von Herkules getötet wurde, als er auszog, die goldenen Äpfel zu rauben.

Verlängert man die obere Seite des Vierecks im großen Bären, also die von

Megrez und Dubhe gebildete Linie, in der dem Schwanze entgegengesetzten Richtung, so gelangt man gegen Osten hin zu einem der hellsten Sterne unsres Himmels, der unter dem Namen der Capella bekannt ist. Es ist der Hauptstern eines großen Sternbildes, des Fuhrmanns, in welchem die Sage Erichthonius, den Sohn des Vulkan und der Erde, erblickt, denselben, der seiner ungestalteten Füße wegen das Viergespann erfand und das Fest der Panathenäen stiftete, der endlich eben dieser Verdienste wegen von Jupiter unter die Sterne versetzt wurde. Auf seiner Schulter verewigte die Poesie jene Ziege, mit deren Milch einst die Nymphe Amalthea den Jupiter ernährte, und die zum Danke dafür mit ihren Jungen einen Platz am Himmel erhielt. Man wird dieses Sternbild leicht an dem Dreieck erkennen, welches zwei helle Sterne an der rechten Schulter und am rechten Fuße des Fuhrmanns mit der Capella bilden, außerdem auch an dem kleinen Dreieck darunter, welches durch die helleren Sterne der kleinen Ziegen bezeichnet wird.

Das Sternbild des Perseus.

Jetzt wenden wir einmal unsre Blicke weiter abwärts dem nordöstlichen Horizonte zu. Dort erblicken wir einen schimmernden Sternhaufen und etwas weiter rechts einen außerordentlich hellen Stern, der mit vier andern minder hellen die Figur eines V bildet. In jenem schimmernden Sternhaufen sehen wir die bekannten Plejaden, das Siebengestirn der Alten, in der einem V ähnlichen Gruppe die Hyaden oder das Haupt des Stiers. Wir sehen, daß der Hauptstern dieses Bildes, den man Aldebaran nennt, ein fast gleichschenkeliges Dreieck mit der Capella und dem östlichsten Sterne der Kassiopeia bildet, und werden dadurch das Sternbild leicht auffinden können. In den Mythen der alten Völker spielte der Stier eine hervorragende Rolle. In Ägypten war der Stier Apis das Bild, unter welchem der Osiris verehrt wurde, und bei den asiatischen Molochdienern trug der Gott gleichfalls einen Stierkopf. Aber die schönsten Dichtungen hat die Poesie der Griechen in dieses Sternbild verwebt. Der Stier selbst war ihnen jener Stier des Jupiter, welcher die schöne Europa nach Kreta trug. Die Hyaden auf seinem Kopfe waren

die weinenden Schwestern des Hyas, der von einem Löwen zerrissen wurde. Die Plejaden auf der Schulter des Sternbildes endlich waren jene sieben Schwestern, welche ihren Vater Atlas beweinen, der durch den Anblick des Medusenhauptes in der Hand des Perseus in einen Berg verwandelt wurde. Nur sechs der Schwestern zeigen sich, erzählt die Sage, freilich nicht in Übereinstimmung mit dem wirklichen Anblick; die siebente Schwester Merope verbirgt sich, da sie, während die übrigen Schwestern von Unsterblichen als Gattinnen erwählt wurden, sich mit einem sterblichen Gemahl, dem Sisyphus, begnügt hatte.

Wir wollen jetzt unsre Blicke noch tiefer zum Horizonte senken und zugleich etwas mehr nach Osten zu schweifen. Ziehen wir einmal eine Linie von dem äußersten links gelegenen Sterne der Kassiopeia durch den äußersten Stern der Andromeda und verlängern wir dieselbe nach dem Horizonte zu, so werden wir wieder zwei ziemlich hellen Sternen begegnen, deren jeder den Hauptstern eines zwar schwachen, aber für uns in der Folge wichtigen Sternbildes bezeichnet. Der erste Stern, in dessen Nähe wir noch zwei andre erblicken, von denen der kleinste, am meisten links gelegene, den Namen Meserthim führt, gehört dem Widder, der zweite dem Sternbilde der Fische an. Den Widder deutet die Sage bald als jenen Widder der Argonautensage, der den Phryxus auf der Flucht vor seiner Stiefmutter über das Meer nach Colchis trug, und dessen goldenes Vlies in dem dortigen Tempel aufgehängt ward, bald als den Widder, welcher dem Weingott Bacchus auf seinem Zuge durch die Lybische Wüste den Weg zu einer Quelle zeigte, an welcher später der Tempel des Jupiter Ammon errichtet ward. Das Sternbild der Fische, das, selbst sternarm, sich weithin durch eine sternarme Gegend zieht, erinnert an einen Mythus der alten Syrer, wonach Venus mit ihrem Sohne Cupido einst an den Ufern des Euphrat plötzlich den Riesen Typhon erblickte, und vor Schreck und Furcht beide, in Fische verwandelt, sich in den Strom gestürzt haben sollen.

Das Sternbild des Stiers.

Lassen wir unsern Blick jetzt ganz am östlichen Horizonte haften. Dort sehen wir einen Stern im Aufgange begriffen, der mit den eben besprochenen beiden Hauptsternen des Widders und der Fische nach links hin ein vollkommen gleichseitiges Dreieck bildet, das durch die Plejaden zu einem genauen Rhombus vervollständigt wird. Dieser Stern, der den Namen Menkar führt, ist der Hauptstern des Walfisches, eines Sternbildes, das man aber nur im Winter vollständig am Himmel erblickt, und auf das ich im voraus aufmerksam mache, weil einer seiner Sterne, die Mira, ein ganz besonderer Zielpunkt auf unsrer spätern Wanderung sein wird. In einigen Wochen wird der Walfisch höher über den Horizont gerückt sein, und wir werden dann noch zwei helle Sterne darin erblicken, die mit jenem ersten eine wenig gekrümmte Linie bilden. Nach der griechischen Sage soll dieser Walfisch das Meerungeheuer vorstellen, welches Neptun sandte, die stolze Kassiopeia zu strafen, und noch am Sternenhimmel schaut es nach der Andromeda, dem ihm preisgegebenen Opfer, aus, sie zu verschlingen.

Das Sternbild der Zwillinge.

Ehe wir diese östliche Gegend des Himmels aus dem Auge verlieren, will ich noch auf einige herrliche Sternbilder aufmerksam machen, die wir in den Wintermonaten aufgehen sehen werden. Wenn wir an einem schönen Dezemberabende durch die beiden hellsten Sterne des dann ziemlich hoch im Osten glänzenden Fuhrmanns oder vom Algol im Medusenhaupt durch die Capella eine gerade Linie ziehen, so treffen wir auf zwei hellfunkelnde Sterne, Kastor und Pollux, im Sternbild der Zwillinge. An diesen beiden Sternen, die mit einem dritten in der Nähe der Milchstraße ein rechtwinkeliges Dreieck bilden, können wir das Sternbild leicht erkennen. Nach einem ägyptischen Mythus sind diese Zwillinge Horus und Harpokrates, welche die Isis auf ihrer Flucht der Obhut einer Wölfin anvertraute. Nach der griechischen Sage sind es die Söhne der Leda, die durch ihre innige Freundschaft und Tapferkeit gleich berühmten Dioskuren, die, wie sie den Argonautenfahrern als glückbringende Gefährten galten, so noch am Himmel von den Seefahrern des Altertums als Rettung verheißende Gestirne verehrt wurden.

In der durch den Polarstern und die Capella bezeichneten Richtung werden wir dann zu dieser Zeit das schönste unter allen Sternbildern unsres heimatlichen Himmels erblicken, den Orion. Gewiß sind dem Leser längst jene prachtvollen, in einer Linie stehenden Sterne bekannt, die den Gürtel des Orion bilden, und die man im Volke wohl auch als Jakobsstab kennt. Wie ein Bild erscheinen sie von einem glänzenden Rahmen aus vier großen Sternen eingefaßt, von denen der hellste an der rechten Schulter des Orion den Namen Beteigeuze, der ihm gegenüber minder hell an der linken Schulter glänzende den Namen Bellatrix führt, während der hellste der beiden untern am rechten Fuße als Rigel bekannt ist. Unter dem Gürtel werden wir dann noch eine Stelle bemerken, die gleich einem weißen Wölkchen leuchtet; es ist der berühmte Nebelfleck des Orion, der des Schwertes Griff schmückt (vgl. S. 25). Auf unsrer Wanderung werden wir dort wunderbare Dinge erfahren. Wollen wir dem Ursprunge dieses Sternbildes in der Poesie der Alten nachforschen, so weiß ich darüber freilich wenig Zuverlässiges zu bieten. Spätere griechische Dichter lehren uns im Orion einen kühnen Jäger auf Chios im Dienste der Diana kennen, der sich vermaß, alles Getier der Erde vertilgen zu wollen. Die Erde aber, oder wie eine andre Sage erzählt, die Diana, aus Furcht, daß er alle Jagdtiere auf Chios vertilgen möchte, sandte einen Skorpion, der ihn durch einen Stich in die Fersen tödlich verwundete. An den Himmel versetzt, bekundet er, wie es in der Sage heißt, auch unter den Sternen noch seinen wilden, unruhigen Charakter.

Das Sternbild des Orion.

Wir wollen nun auch die Hunde dieses Jägers am Sternenhimmel kennen lernen. Die drei Gürtelsterne des Orion führen uns in östlicher Verlängerung geradezu auf den glänzendsten Stern des ganzen Himmels, den Sirius im großen Hunde, unter dem wir noch eine glänzende Gruppe von vier helleren und zahllose kleine Sterne gewahren werden. Mit dem Aufgange dieses Sternes entfaltet der Himmel seine reichste Pracht, und es gehört wirklich ein stumpfes Gemüt dazu, von dem Anblicke nicht ergriffen zu werden, den der

südliche und südöstliche Himmel eines Januarabends gewährt. Hier drängen sich die reichsten Sternbilder, Zwillinge, Fuhrmann, Stier, Orion, großer Hund, zu einer Gruppe zusammen, die durch den kleinen Hund in Südosten geschlossen wird. Wenn wir nämlich die durch die beiden oberen Sterne des Orion, Beteigeuze und Bellatrix, bezeichnete Richtung verfolgen, so kommen wir jenseit der Milchstraße abermals zu einem prachtvollen Sterne, dem Procyon im kleinen Hunde, der zugleich mit Sirius und Beteigeuze ein gleichseitiges Dreieck bildet.

Wenn wir in einer spätern Jahreszeit, etwa in einer März- oder Aprilnacht, unsre Blicke auf diese Gegend des Himmels richten, wo sich der Orion bereits zum Untergange neigt, und Sirius und Procyon schon tief am südwestlichen Himmel glänzen, da werden wir weiter im Osten ein andres schönes Sternbild aufgehen sehen, das Sternbild des großen Löwen. Wir können es sehr leicht an seinem Hauptstern, dem Regulus, im Herz des Löwen erkennen, auf den eine gerade Linie durch Sirius und Procyon hinweist, und der mit Kastor und Procyon ein gleichschenkeliges Dreieck bildet.

Gegen Ende des März werden wir unter dem Löwen ein neues Sternbild auftauchen sehen. Wir werden dann einen glänzenden Stern erblicken, der mit Kastor, Procyon und Regulus fast ein vollkommenes Parallelogramm bildet. Das ist Alphard, das Schlangenherz, an der Brust der Wasserschlange oder Hydra. Es ist ein sehr langgestrecktes Sternbild, das zwischen Procyon und Regulus mit einem kleinen Sternviereck beginnt und sich parallel mit der Milchstraße weit über den südlichen Himmel hinzieht. Mit diesem Sternbilde stehen zwei andre kleinere in Verbindung, Becher und Rabe; das erstere durch sechs kreisförmig gestellte kleine Sterne kenntlich, das letztere ein unregelmäßiges Viereck ziemlich heller Sterne bildend. Die griechische Sage erzählt eine seltsame Geschichte von diesen Sternbildern. Jener Rabe war ihr zufolge der Lieblingsvogel des Apollo und trug sonst weißes Gefieder. Einst schickten ihn die Götter zu einer Quelle, um Wasser zu einem Opfer zu holen; — denn auch die Götter opferten — menschlich genug! An der Quelle aber stand ein Feigenbaum mit unreifen Früchten. Da wartete denn der Rabe, bis die Feigen reif waren, und kehrte erst zurück, als er sie alle verzehrt hatte. Dem Apollo aber gab er vor, eine Schlange habe täglich das Wasser der Quelle verschluckt, so daß er den Becher nicht habe füllen können, und als rechter Lügner brachte er Schlange und Becher mit. Das war denn doch auch dem Apollo zu arg, so wenig sich auch sonst die Götter aus einer Lüge machten. Im Zorn verwandelte er das weiße Gefieder des Raben in ein schwarzes und verbot ihm für die Zeit, wo die Feigen reifen, das Trinken. Den Lügner selbst aber samt Schlange und Becher versetzte er unter die Sterne. Wir sehen, welche sonderbaren Verdienste bisweilen zu einer solchen himmlischen Auszeichnung berechtigten.

In der Mitte jenes von Kastor, Procyon, Regulus und Alphard gebildeten Parallelogramms, im Durchschnitt seiner Diagonalen, werden wir noch ein kleines, schwachschimmerndes Sternbild erblicken, den Krebs. In seiner Mitte, etwa in gleichweiter Entfernung von Procyon und Pollux, können wir zwei kleine Sterne

unterscheiden, die den Namen der Eselchen führen, und zwischen diesen wird sich dann, etwa in der Größe unsrer Mondscheibe, ein blasses Nebelwölkchen zeigen, das man die Krippe oder Präsepe nennt, und das wir auf einer späteren Wanderung als einen prächtigen Sternhaufen von 40—50 Sternen kennen lernen werden. Jener Krebs ist nun der griechischen Sage nach derselbe, welcher einst den Herkules bei seinem Kampfe mit der lernäischen Schlange auf Befehl der Juno in die Ferse zwickte, von dem Helden aber zertreten ward. Die Eselchen aber werden uns eine köstliche Geschichte aus der griechischen Götterwelt erzählen, die es uns erklären wird, wie die dankbare Nachwelt auch Eseln die Pforten des Himmels öffnen konnte. Sie sollen nämlich an jene Esel erinnern, auf welchen die Götter einst in den Kampf gegen die Giganten zogen, und deren Angstgeschrei die Riesen so erschreckte, daß sie die Flucht ergriffen.

Ehe wir zu unserm Augusthimmel zurückkehren, müssen wir in der Phantasie noch einen letzten Blick auf den östlichen Horizont eines schönen März- oder Aprilhimmels werfen. Dort ist eben unter dem Sternbilde des Löwen ein neues großes und prachtvolles Sternbild aufgestiegen, das Sternbild der Jungfrau. Wir werden den Hauptstern desselben, die Spica oder Kornähre, leicht finden, wenn wir die gerade Linie vom Procyon durch den Regulus bis gegen den Horizont fortsetzen, oder wenn wir die Diagonale im Vierecke des großen Bären vom Dubhe über Phegda hinaus südlich verlängern. Es ist ein reich mit Sternen besäetes Gewand, das diese Jungfrau trägt, deren obern Teil wir leicht an einer aus fünf ziemlich hellen Sternen gebildeten, einem V ähnlichen Figur erkennen werden, an deren nördlichster Spitze der als Vindemiatrix oder Winzerin bekannte Stern steht. Den Ägyptern war dieses Sternbild ursprünglich Isis, die Ernährerin, die statt der Kornähren ihr saugendes Kind trug. Sinnig aber deutet dies Sternbild eine spätere dichterische Sage der Griechen, die ich hier erzählen will. Einst, so heißt es beim Dichter Aratus, weilte die Jungfrau auf Erden und verkehrte mit den Sterblichen, selbst unsterblich. Man nannte sie Dike, die Gerechtigkeit. Die Greise auf dem Markte versammelnd, sprach sie Recht und lehrte das Volk. Damals kannte man noch nicht den unseligen Zwiespalt und das Schlachtengetümmel. Das gefahrvolle Meer lag noch im Verborgenen, und keine Schiffe führten Kostbarkeiten aus weiter Ferne herbei; Rinder und Pflug und Dike selbst, die Herrscherin der Völker, die Spenderin der Gerechtigkeit, gewährten alles tausendfach. Sie blieb so lange, als die Erde noch das goldene Zeitalter bewahrte. Im silbernen aber weilt sie nur noch selten und nicht mehr wie sonst auf Erden, sich sehnend nach den Sitten der alten Zeit. Sie kam hervor aus den tönenden Bergen, abends allein, und verkehrte nicht mehr mit den einzelnen in freundlicher Rede. Wenn sich die Versammlungshügel mit Menschen gefüllt hatten, dann drohte sie und tadelte die Verderbtheit, und nicht mehr sichtbar denen, die sie gerufen hatten, sprach sie: „O wahrlich, ein schlimmes Geschlecht hinterließen die goldenen Väter! Und ihr werdet ein noch schlimmeres zeugen! Dann wird hier Krieg, dort Haß unter den Menschen sein, und Trübsal wird auf ihnen ruhen!“ So sprach sie und wandte sich zu den Bergen zurück. Dann aber

kam dieses eiserne Geschlecht, noch verderbter als das frühere, und sie schmiedeten unheilbringende Schwerter und aßen vom Fleische des Pflugstiers. Da verabscheute Dike das Geschlecht der Menschen, die Gerechtigkeit flog himmelwärts auf. Nun leuchtet sie von dort oben zur Nachtzeit als Sternenjungfrau zu den Sterblichen nieder.

Suchen wir nun die Wage der Gerechtigkeit auf, die am Himmel zu den Füßen der Jungfrau schwebt, so werden wir unten am südwestlichen Horizonte, wenn wir der Richtung der beiden oberen Sterne des Vierecks im großen Bären dorthin folgen, zwei helle Sterne erblicken, welche mit zwei kleineren ein kleines Quadrat bilden. Diese beiden hellen Sterne, welche die beiden Wagschalen bezeichnen, führen die arabischen Namen Zubenelschemali und Zubenelgenubi.

Wir sind damit in die Wirklichkeit, zu unserm Augusthimmel über uns zurückgekehrt und wollen nun in seinem Anschauen unsre Rekognoszierung vollenden. Jene Linie, welche wir soeben durch die Sterne des großen Bären zogen, wird uns an einem prachtvoll funkelnden Sterne vorüberführen. Das ist der Arktur, der Hauptstern des Bootes, d. h. des Ochsentreibers, der aber auch den Namen des Bärenhüters führt, weil er am Himmel den beiden Bären folgt und sie gleichsam mit seinen Jagdhunden zu treiben scheint. Die Sage nennt ihn den Bruder des Plutus, der, weil ihm der Bruder nichts von seinen Schätzen mitteilte, durch die Not gedrängt, den Pflug erfand. Eine andre Sage bezeichnet ihn auch als den Ikaros, der auf seinem Gespann den ersten Rebensaft nach Attika brachte, aber von den trunkenen Bauern erschlagen ward. Erigone, die Tochter des Erschlagenen, welcher sein Hund Mära die blutigen Gewänder brachte, soll sich dann aus Verzweiflung auf der Leiche des Vaters getötet haben, und der treue Hund selbst bald auf seinem Grabe gestorben sein. Bootes, die Jungfrau und der Hund wurden dann von dem gerührten Jupiter unter die Sterne versetzt. Das Sternbild selbst nimmt einen ziemlich großen Raum am Himmel ein. Seine hellsten Sterne bilden nördlich über dem Arktur ein unregelmäßiges Viereck. Von seinen beiden Jagdhunden, Asterion und Chara, die ihm übrigens erst Hevel im 17. Jahrhundert gegeben hat, und die wir westlich von dem Sternbilde nach dem großen Bären hin sehen, trägt der letztere einen prächtigen Stern im Halsbande, den man das Herz Karls II. genannt hat. Der hellscheinende Sternhaufen, den wir nahe unter diesem Sterne erblicken, ist das Haupthaar der Berenike, welches diese Gemahlin des ägyptischen Königs Ptolemäos Euergetes einst den Göttern weihte und im Tempel der Venus auf Cypern niederlegte, das aber, bald darauf gestohlen, von der höfischen Schmeichelei des Mathematikers Konon an den Himmel versetzt wurde.

Wenn wir der Richtung der beiden ersten Schwanzsterne des großen Bären folgen, so kommen wir jenseit des Bootes zu einem äußerst kenntlichen, glänzenden Sternenkranze. Das ist die nördliche Krone, wie die Sage meldet, die Krone der Ariadne, die sie von der Venus zur Hochzeitsgabe erhielt, als sie, von Theseus verlassen, von Bacchus zur Gattin erkoren ward. Der hellste unter den Sternen dieses Gestirns führt den Namen Gemma.

Folgen wir der angegebenen Richtung weiter, so treffen wir auf zwei kleine Sterngruppen, die dem Kopf und Hals der Schlange des Ophiuchus oder Schlangenträgers angehören. Den Hauptstern im Kopfe des Ophiuchus, der den Namen Ras-Alhague führt, werden wir am leichtesten auffinden, wenn wir eine Linie vom östlichsten unteren Ecksterne des großen Bären durch den mittleren Schwanzstern desselben, also von Phegda durch Mizar ziehen. Diese Linie wird uns aber vorher noch durch ein andres Sternbild führen, durch das Sternbild des Herkules. Wir erkennen es leicht an dem fast regelmäßigen Viereck, das von den vier Gürtelsternen des Helden gebildet wird, und die Diagonale dieses Vierecks weist uns zugleich auf den Hauptstern im Kopfe des Herkules, den Ras-Algethi, der ganz nahe beim Hauptstern des Ophiuchus mit zwei andern hellen Sternen ein gleichschenkeliges Dreieck bildet.

Wenn wir der vorigen Richtung durch die Krone und den Hals der Schlange weiter folgen, so treffen wir auf jenen schönen Stern am westlichen Horizonte. Das ist Antares, der Hauptstern des Skorpions, eines nur zum Teil an unserm Himmel aufgehenden Sternbildes.

Es bleibt uns jetzt noch eine Gegend des Himmels zu betrachten, die man von alters her als die anmutigste und sternreichste des nördlichen Himmels bezeichnet hat, und die in der That einigen Vergleich aushält mit jener prächtigen Sternenzone des südlichen Himmels, die sich vom Orion bis zum südlichen Kreuz hinzieht. Ich meine jene Landschaft des Himmels, die sich zwischen den Sternbildern des Herkules und Ophiuchus und denen des Cepheus und der Kassiopeia südlich in der Milchstraße und zu beiden Seiten derselben erstreckt. Wenn wir eine gerade Linie von der Krone durch das Sternbild des Herkules oder vom Viereck des großen Bären durch den Kopf des Drachen ziehen, so erblicken wir einen prachtvollen Stern. Das ist Wega, der Hauptstern der Leier, der mit zwei andern großen Sternen in der Milchstraße, Deneb im Schwan und Atair im Adler, ein auffallendes gleichschenkeliges Dreieck bildet. Die Leier ist der griechischen Sage nach die Leier des Orpheus, deren lieblichen Klängen einst die wilden Tiere des Waldes, die Flüsse und Felsen lauschten, und die selbst die finsteren Götter der Unterwelt besiegte. Den Schwan, den man an fünf fast in Form eines Kreuzes gestellten größeren Sternen leicht erkennt, deutet eine Sage als den Orpheus selbst. Der Adler endlich, dessen drei hellste Sterne eine gerade Linie bilden, ist der Adler des Jupiter, der einst den Raub des Ganymedes ausführte. Das Sternbild aber unterhalb des Adlers, das einen bogenspannenden Knaben, der vom Adler getragen wird, darstellt, und dessen drei hellste Sterne wir in einem stumpfen Dreieck parallel mit den Hauptsternen des Adlers erkennen, ist nicht der Ganymed der Sage, sondern Antinous, der Liebling des Kaisers Hadrian, dem die Schmeichelei der Höflinge nach seinem Tode im Nil ein ähnliches Schicksal, wie das des Ganymed, andichtete.

Es bleiben nun noch einige wenige Sternbilder übrig, die wir ziemlich tief am südöstlichen und südwestlichen Himmel erblicken. Ziehen wir eine Linie durch Wega und Deneb, diese beiden schönen Hauptsterne der Leier und des Schwans,

so führt uns diese in die Mitte eines auffallenden Vierecks von vier glänzenden Sternen, deren einer links der Hauptstern der Andromeda ist, während die drei andern die Hauptsterne des Pegasus, Markab, Scheat und Algenib sind. In der Richtung der obern Seite dieses Vierecks erblicken wir in der Nähe des Altair noch ein kleines, aber durch einen gedrängten Haufen ziemlich großer Sterne sehr kenntliches Sternbild, den Delphin. Die Diagonale des Vierecks endlich durch den Hauptstern der Andromeda und den Markab, den Hauptstern des Pegasus, zeigt den Weg zu dem Hauptstern des Wassermanns, eines weit ausgebreiteten Sternbildes, das dort den südöstlichen Horizont einnimmt. Es stellt einen knieenden Mann dar, der mit der rechten Hand einen Wasserkrug ausgießt. Der Wasserstrom fließt in das Maul des südlichen Fisches, das den prächtigen Fomalhaut trägt, den wir unten tief am südöstlichen Horizonte erblicken. Dieser Fomalhaut gehört zu jenen vier glänzenden Sternen, die man einst die königlichen nannte, weil sie den Himmel nahezu in vier gleiche Teile scheiden. Aldebaran im Stier, Antares im Skorpion und Regulus im Löwen sind die drei andern Angelsterne und Hüter des Himmels.

Lassen wir uns nun mit dieser flüchtigen Kenntnis von der Außenseite unsres Sternhimmels genügen! Wir werden dadurch in den Stand gesetzt sein, die wichtigsten Sternbilder, die über unsern Horizont treten, aufzufinden. Eines Weiteren aber bedarf es nicht; denn dieser Sternhimmel soll für uns nur die Stelle einer Karte vertreten, in deren Felder wir unsre späteren Reisebeobachtungen und Erfahrungen eintragen können. Für den Astronomen möchte freilich eine solche Karte nicht genügen. Eine Bewegung am Himmel ist uns schon heute während unsrer kurzen Betrachtung nicht entgangen. Wer steht uns dafür, daß diese Bewegung, die ein Sternbild nach dem andern über den Horizont hinaufführte, nur den Himmel in seiner Gesamtheit trifft, daß sie nicht auch Verschiebungen der einzelnen Sterne bewirkt? Welche sicheren Wege sich nun der Astronom durch diese Himmelszeichen gebahnt hat, das werden wir später erfahren. Man muß erst sehen lernen, ehe man beobachten lernt; und nur, wenn wir beides verstehen, sind wir zu unsrer Reise geschickt.

Sehen und Beobachten — das sind freilich zwei Worte, welche eine jahrtausendelange Kunst in sich schließen. Jahrtausende hindurch ist die Menschheit gewissermaßen blind gewesen, und selbst unser heutiges Sehen hat noch keineswegs die Stufe der Vollkommenheit erreicht. Das Beobachten ist aber vollends nur eine Kunst der Neuzeit. Nehmen wir ein paar Jahrhunderte von der Geschichte der Menschheit hinweg, und es wird kaum eine Wissenschaft vom Himmel übrig bleiben. In diese lange Kunst sollen wir nun eingeweiht werden.

Beobachtungszimmer in Bishops Sternwarte.

Viertes Kapitel.

Das Fernrohr.

> Nur immer zu! Euch ist die Welt erschlossen,
> Die Erde weit, der Himmel hehr und groß;
> Betrachtet, forscht, die Einzelheiten sammelt,
> Naturgeheimnis werde nachgestammelt.

Es war eine kleine Sternwarte, in welche ich eines Abends meine Freunde führte. Ich hatte absichtlich diesen Ort gewählt, nicht allein, um durch den unmittelbaren Anblick der Werkzeuge, welche die Kunst der Menschen ersonnen hat, den Lichtstrahl in seine Gewalt zu bringen, meine Anweisungen anschaulicher und eindringlicher zu machen, sondern auch, um meine Freunde von dem noch sehr verbreiteten Vorurteil zu heilen, als ob die Ausübung dieser Kunst irgend etwas mit einer Thätigkeit der Phantasie zu thun habe. Es geht der Poesie des Astronomen wie mancher andern: man darf sie nicht in der Nähe betrachten. Wer tief in die Nacht hinein am Mittagsfernrohre sitzt und die vorübergehenden Sterne einen nach dem andern aufzeichnet, wer in kalter Nacht zum Fernrohre springt, um den Lichtwechsel eines Sternes zu beobachten, wer, an den Rechentisch gebannt, wochen- und monatelang immer nur die starren Zahlen vor sich sieht, durch deren Zauber er der Beobachtung Gedanken und Theorien entlocken soll: dem bleibt wohl wenig Lust und Zeit, die Pracht des gestirnten Himmels zu bewundern oder

erhabene Gedanken an die Zahlen zu knüpfen. Nicht unpassend hat man mehrfach das Innere der großen Sternwarte zu Greenwich mit den Kontoren und Arbeitslokalen eines großen Handlungshauses verglichen, und in der That, um auch nur eine Spur von poetischer Annehmlichkeit in jenen Räumen zu entdecken, dazu gehört mindestens eine Poesie wie diejenige, die heutzutage selbst Kontor und Waschküche zu idealisieren und aus Philistern Romanhelden zu schaffen weiß. Ich will damit keineswegs die wirklichen Reize leugnen, welche der Beschäftigung mit astronomischen Gegenständen so eigentümlich sind, und auf welchen jene gewaltige Macht beruht, mit der die Astronomie von jeher den menschlichen Geist erfaßt und so manchen bestimmt hat, den Bequemlichkeiten und Genüssen des Lebens zu entsagen, um sich ihrem mühevollen Dienste zu opfern. Ich würde ja damit mein eignes Vorhaben verurteilen und mich einer unverzeihlichen Anmaßung schuldig machen, wenn ich dennoch zur Teilnahme an einer so völlig reiz- und genußlosen Wanderung aufforderte. Ich meine nur, der Reiz der astronomischen Forschung und damit auch der „Ausflüge in den Himmelsraum“ gehört weniger der Phantasie, als dem Gedanken an, ist weniger die Arbeit selbst, als die stets vor Augen schwebende Aussicht auf Ergründung der Naturgesetze und Erweiterung der menschlichen Wissensmacht.

Wenn wir zum erstenmal eine Sternwarte betreten, so kommen wir schon nach kurzem Umschauen leicht zu der Einsicht, daß dort die Phantasie wenig in Anspruch genommen wird. Eine große Enttäuschung wartet aller, die den ersten Blick durch das astronomische Fernrohr thun, denn die Leistungen desselben bleiben immer hinter den Erwartungen zurück. Dies liegt jedenfalls nicht allein in den unmöglichen Forderungen, die man häufig an ein Fernrohr stellt, sondern noch mehr, glaube ich, an der viel zu hohen Meinung, die wir von unserm natürlichen Sehen haben. Ehe wir diese nicht herabgestimmt und uns von den mancherlei Schwächen und Unvollkommenheiten unsres Sehens überzeugt haben, werden wir uns die wahren Leistungen eines Fernrohrs gar nicht klar zu machen vermögen.

Manche Leser haben schon von den unzählbaren oder doch Millionen von Sternen gesprochen, die sie draußen am Himmel sehen, und sie würden sicherlich, namentlich beim Anblick der Sternenpracht einer recht heitern, kalten Winternacht, gar ungläubig den Kopf schütteln, wenn ich versicherte, daß sie nicht mehr als höchstens 3000 Sterne wirklich erblicken. Meine Versicherung nun könnte ich ihnen beweisen, indem ich ihnen ein Sternenverzeichnis vorlegte, in dem sie selbst die Sterne erster bis sechster Größe zählen könnten; und ich glaube nicht, daß einer von ihnen noch Sterne siebenter Größe wirklich zu unterscheiden vermöchte. Bei Kindern sind bekanntlich solche Zahlenüberschätzungen sehr häufig. Diesen Irrtum aber möchte ich keineswegs bloß aus einer solchen kindlichen Unfähigkeit der Schätzung erklären. Wir glauben in der That an einem heitern Winterhimmel mehr Sterne zu erblicken, als sich uns zeigen, und die Ursache davon liegt in dem Funkeln der Sterne. Wir sehen bald hier, bald dort Sterne sechster bis siebenter Größe aufglimmen, bald rot, bald grün, bald wieder verschwinden, und wir nehmen jedes solches Aufglimmen für einen erblickten Stern.

Diese Erscheinung des Sternfunkelns ist übrigens keineswegs eine bloße Augentäuschung, sie ist vielmehr in Wirklichkeit viel stärker, als sie erscheint. Denn unsre Netzhaut bewahrt bekanntlich leicht eine Zeitlang die empfangenen Lichteindrücke, so daß die wirklichen Licht- und Farbenwechsel eines Sternes nicht einmal in vollem Maße empfunden werden.

Ich sagte vorhin, daß man sich täuscht, wenn man mehr als etwa 3000 Sterne am Himmel zu sehen glaubt, und ich muß hinzufügen, daß wir nicht einmal alle die gleiche Zahl von Sternen erblicken. Bekanntlich erzählt schon Ovid von den Plejaden, man spreche von ihren sieben Sternen, obgleich man doch gewöhnlich nur sechs sehe. Es gab also damals so gut wie heute einzelne Menschen, welche neben den Sternen dritter bis fünfter Größe in den Plejaden noch einen Stern sechster bis siebenter Größe unterschieden, und Kepler erzählt sogar, daß sein Lehrer Mästlin 14 Sterne in dieser Gruppe erkannt habe. Ich habe neulich von einem andern Sterne gesprochen, den die Araber den Prüfer nennen. Es ist Alcor, das Reiterlein, bei Mizar im großen Bären. Obgleich er ein Stern fünfter Größe ist, gehört doch ein ziemlich gutes Auge dazu, um ihn neben seinem strahlenden Nachbar zu erkennen. Wir haben endlich gehört, daß einzelne Personen von außerordentlicher Scharfsichtigkeit sogar einzelne Jupiterstrabanten mit bloßem Auge gesehen haben oder wenigstens gesehen zu haben behaupten. Alle diese Thatsachen beweisen, daß nicht allein sehr große Unterschiede in der Empfindlichkeit der Augen bestehen, sondern daß sich auch die Bilder auf der Netzhaut mit sehr verschiedener Schärfe darstellen. Der letztere Umstand wird namentlich entscheidend bei der Sichtbarkeit sehr naher Sterne, wie des Alcor und der Jupiterstrabanten. Als Sterne fünfter Größe müßten sie jedem unbewaffneten Auge sichtbar werden, wenn nicht für die meisten Augen der hellere Nachbarstern sie überglänzte. Jene Strahlen, welche unserm Auge von den Sternen auszugehen scheinen, und durch die man schon in den ältesten bildlichen Darstellungen die Sterne zu bezeichnen pflegt, sind die Beweise einer Lichtzerstreuung, welche nicht allein in der Atmosphäre, sondern auch in unsrer Hornhaut infolge unvollkommener Durchsichtigkeit stattfindet. Dieses zerstreute Licht erleuchtet nun die ganze Netzhaut, so daß sie das Bild eines andern Sternes nur zu empfinden vermag, wenn sein Licht dieses zerstreute Licht merklich übertrifft.

Was ich hier in bezug auf Nachbarsterne gesagt habe, müssen wir nun wohl auf den ganzen Sternenhimmel ausdehnen. Das Licht der Himmelskörper kommt nicht unmittelbar zu uns, sondern erleuchtet zuvor die Luftteilchen der ganzen Atmosphäre, und die Netzhaut unsres Auges empfängt nie einen einzelnen Lichteindruck, sondern wird stets in allen ihren Teilen erschüttert. In diesem Lichtschimmer, der stets, bei Nacht wie bei Tage, das Himmelsgewölbe überzieht, werden wir das leuchtende Bild eines Sternes nur dann unterscheiden können, wenn sein Licht um eine gewisse Größe das der erhellten Fläche übertrifft, und die wissenschaftliche Erfahrung hat nachgewiesen, daß dieser Lichtunterschied mindestens $^1/_{64}$ betragen muß. Wir sehen also, warum wir bei Tage keinen einzigen Stern, bei Nacht immer nur eine beschränkte Zahl von Sternen erblicken können.

Aber man hat ja doch in älterer und neuerer Zeit von hohen Bergen, aus tiefen Schachten, Brunnen oder Höhlen am hellen Tage Sterne gesehen? Man wird mir daraus hoffentlich keinen ernsten Einwurf machen wollen, denn was die übrigens höchst seltene Sichtbarkeit der Sterne auf hohen Bergen betrifft, so habe ich schon bemerkt, daß mit einer gewissen Erhebung über den Erdboden allerdings die Dichtigkeit der atmosphärischen Schichten, namentlich ihr Dunst- und Feuchtigkeitsgehalt, abnimmt, wobei der Himmel in dunklerem Blau erscheint und die Sonne ihre Strahlen verliert. Der Lichtschleier, der gewöhnlich unserm Auge die Sterne verhüllt, kann also in der That dort oben wohl einmal so gelüftet werden, daß man durch ihn hindurchschauen kann. Zur Behauptung der Alten, daß sie aus tiefen Brunnen die Sterne am Tageshimmel gesehen hätten, muß ich folgendes zu bedenken geben. Im allgemeinen bringt das Licht von dem Viertel oder gar Drittel des ganzen Himmelsgewölbes in unser Auge und wird hier von der unvollkommen durchsichtigen Hornhaut wie von einem matten Glase über die ganze Netzhaut verbreitet. Daher wird eine so lange Röhre, als die wir uns einen tiefen Brunnen vorstellen können, den größten Teil des Himmelslichtes abhalten, und es mag wohl einmal vorkommen, daß die in einen Punkt vereinigten Strahlen eines Sternes das Übergewicht über die denselben Punkt der Netzhaut erhellenden Strahlen des Himmelslichtes erhalten. Freilich ist es noch gar nicht erwiesen, daß jemals ein Mensch am hellen Tage aus einem tiefen Schachte Sterne wahrgenommen hätte. Der Direktor der Salinen zu Bex, v. Charpentier, bemerkte, daß die Arbeiter bisweilen absichtlich die Fabel von dem Sehen der Sterne aus tiefen Schächten erzählten, um diese letzteren dadurch in einem neuen Reize erscheinen zu lassen.

Man wird sich nun leicht das Sündenregister des menschlichen Auges aufstellen können. Unser Auge läßt einmal das zerstreute Himmelslicht ungehindert eintreten und sich über die ganze Nervenfläche ausbreiten. Sodann erschüttert das Licht eines Sternes nicht bloß eine einzelne Stelle dieser Nervenfläche, sondern noch die Umgebung, und erzeugt also ein von falschem Lichte umgebenes, scheibenförmiges Bild. Endlich läßt die kleine Öffnung der Pupille nur einen Teil des von einem Sterne kommenden Lichtes in das Auge treten, und das Bild verliert dadurch nicht bloß an Deutlichkeit, sondern auch an Helligkeit. Die Hauptaufgabe also, welche einem künstlichen Sehen zu stellen ist, wird sein, die Helligkeit und Deutlichkeit des Netzhautbildes zu vermehren bei gleichzeitiger Verminderung der Helligkeit des Gesichtsfeldes.

Ich muß hier nun zuvörderst an ein Mittel erinnern, dessen man sich bedient, um sich sehr kleine Gegenstände, bei denen dieselbe Undeutlichkeit wie bei sehr entfernten eintritt, deutlich zu machen. Man sucht einfach solche Gegenstände in großer Nähe zu betrachten, da mit der Nähe der Gesichtswinkel, also auch die Ausdehnung des Netzhautbildes zunimmt. Das ist freilich nur bis zu einer gewissen Grenze ausführbar. Unser Auge besteht nämlich aus drei hintereinander liegenden linsenförmigen Körpern, welche vermöge ihrer lichtbrechenden Eigenschaft die eindringenden Lichtstrahlen sammeln und so von allen leuchtenden Punkten

Bilder erzeugen, die sich zu einem Gesamtbilde des Gegenstandes vereinigen. Dieses Ereignis findet stets in einer bestimmten Entfernung von den Linsen des Auges statt, die man ihre Brennweite nennt. Soll also das erzeugte Bild ein vollkommen deutliches sein, so muß es genau auf der Netzhautfläche entstehen. Nun wissen wir wohl von der Schule her, daß eine durchsichtige Linse die Vereinigung der von einem leuchtenden Punkte herkommenden Lichtstrahlen nur dann in ihrem Brennpunkte bewirkt, wenn dieser Punkt so weit entfernt ist, daß seine Strahlen als nahezu parallel angenommen werden können. Diese Entfernung, die durch Erfahrung auf etwa 8 Zoll festgestellt ist, können wir als die Grenze des deutlichen Sehens bezeichnen. Bringen wir nun einen Gegenstand dennoch in eine größere Nähe zum Auge, so wird das Bild auf der Netzhaut allerdings eine größere Ausdehnung gewinnen, aber zugleich werden die von seinen einzelnen Punkten ausgehenden Strahlen nicht mehr als parallele gelten können, sondern auseinander fahren und sich darum nicht mehr in der Brennweite der Augenlinsen, sondern in etwas weiterer Entfernung vereinigen. Jeder leuchtende Punkt des Gegenstandes wird also auf der Netzhaut nicht mehr das Bild eines Punktes, sondern vielmehr eine kleine ausgedehnte Fläche erzeugen. Die benachbarten Bilder auf der Netzhaut werden folglich übereinander greifen, und so muß das Gesamtbild des Gegenstandes ein undeutliches werden.

Das ist freilich ein Übelstand, der jede nahe Betrachtung eines Gegenstandes unmöglich zu machen scheint. Aber wir haben ja längst gelernt, auch diesen Übelstand zu beseitigen. Wir nehmen eine Lupe zu Hilfe, obgleich dies befremdlich erscheint, da man bisher eine ganz andre Vorstellung mit den Wirkungen einer Lupe verbunden hat. Man glaubt, die Lupe vergrößere nur die Gegenstände, und jetzt sehen wir, sie hebt nur die Undeutlichkeit eines bereits im Auge vorhandenen vergrößerten Bildes auf. Ich will mich näher erklären. Eine Lupe ist eine Glaslinse, und wir wissen, daß eine Linse die Eigenschaft besitzt, alle von einem in ihrer Brennweite gelegenen Punkte ausgehenden Strahlen bei ihrem Durchgange durch die Linse so abzulenken, daß sie unter sich parallel in einer durch den strahlenden Punkt und den Mittelpunkt der Linse bestimmten Richtung austreten. Bringen wir also eine Linse in eine solche Entfernung von unserm Auge, daß der kleine Gegenstand, den wir betrachten wollen, sich genau in der Brennweite derselben befindet, so werden von jedem Punkte dieses Gegenstandes nur noch parallele Strahlen in das Auge gelangen, und es wird auf der Netzhaut zwar wieder ein in der Nähe des Gegenstandes entsprechend vergrößertes Bild entstehen, aber nicht mehr ein verwaschenes, sondern ein völlig klares und deutliches. Die umstehende Figur gibt von dieser Wirkung der Linse eine Vorstellung.

Im gewöhnlichen Leben pflegt man zu sagen, eine Lupe vergrößere die Gegenstände. Das ist, wie ich vorhin schon angedeutet habe, nicht ganz richtig. Man müßte eigentlich sagen, eine Lupe gestattet, die Gegenstände in größerer Nähe zu betrachten, ohne Verminderung der Deutlichkeit. Eine Linse von einem Millimeter Brennweite gestattet die Betrachtung eines Gegenstandes in zehnmal größerer Nähe als eine Linse von 10 Millimeter Brennweite, und

vergrößert darum auch zehnmal mehr als diese. Die vergrößernde Kraft einer Linse entspricht also der Kürze ihrer Brennweite, und wie weit es die menschliche Kunst in der Erzeugung solcher Linsen zu bringen vermag, davon hat bereits im vorigen Jahrhundert der Neapolitaner di Torre den Beweis geliefert, der eine Linse von $^1/_{10}$ Millimeter Brennweite verfertigte, die also ungefähr eine 2000fache Vergrößerung gewährte.

Was hat nun aber eine Linse mit dem Himmel zu schaffen? fragen wir uns. Wir können doch nicht die Sterne herunterholen, um sie durch Lupen zu betrachten! Freilich können wir nicht die Sterne vom Himmel holen, aber wir können uns Bilder davon verschaffen, die wir durch eine Lupe betrachten können. Ich habe schon bei Besprechung des Auges gesagt, daß eine Linse die Eigenschaft hat, von einem Gegenstande, der weit genug entfernt ist, daß alle von einem Punkte desselben ausgehenden Strahlen beim Durchgang durch die Linse als parallel angesehen werden können, in ihrer Brennweite ein treues Bild dieses Gegenstandes zu erzeugen. Auch ein metallener Hohlspiegel erzeugt ein solches Bild, nur mit dem Unterschiede, daß es hier vor dem Spiegel durch die zurückgeworfenen, dort hinter der Linse durch die gebrochenen Strahlen entsteht. Dieses Bild ist natürlich kleiner als der Gegenstand selbst, aber um so größer, je größer die Brennweite der Linse oder des Hohlspiegels ist, zugleich um so heller, je größer die Fläche ist, welche die Strahlen des Gegenstandes auffängt.

Virtuelles Bild einer bikonvexen Linse.

Da haben wir nun die Grundzüge aller Fernrohre und Teleskope. Verschaffen wir uns durch eine Linse oder einen Hohlspiegel von großer Brennweite und möglichst großen Dimensionen das Bild eines Sternes, und betrachten wir dieses Bild durch eine Lupe, d. h. eine Linse von möglichst kleiner Brennweite, so thun wir alles, was der Astronom thut, wenn er durch die kostbaren Instrumente blickt, die wir auf der Sternwarte sehen. In dem Fernrohre sind nur die beiden Gläser in ein Rohr gefaßt, damit sie leichter in die erforderliche Stellung zu einander gebracht werden können. Das kleine Glas, welches die Stelle der Lupe vertritt, und das man an das Auge hält, heißt hier das Okular, das größere Glas, das die Bilder im Innern des Fernrohres erzeugt, das Objektiv. Das kleinere Rohr, welches die Okularlinse enthält, ist überdies beweglich und verschiebbar, damit man das Okular sowohl nach seiner Eigentümlichkeit als nach der des Auges richtig einstellen kann. In den Spiegelteleskopen vertritt der Hohlspiegel die Stelle des Objektivs. Das Auge, welches das in diesem Spiegel erzeugte Bild durch das Okular betrachten will, muß also seine Stellung diesem Spiegel gegenüber haben. Dabei würde aber der Kopf des Beschauers einen

großen Teil des einfallenden Lichtes von dem Spiegel abhalten, und um dies zu verhindern, hat man verschiedene Vorrichtungen angewandt. Newton, einer der ersten, welche von Spiegelteleskopen bei astronomischen Beobachtungen Gebrauch machten, ließ das Bild des Hohlspiegels auf einen vor demselben unter einer Neigung von 45° angebrachten, kleinen, ebenen Spiegel fallen, auf dem es von der Seite her durch eine Okularlinse betrachten werden konnte. In dem noch früher gebräuchlichen Gregoryschen Teleskope befindet sich gerade dem großen Hohlspiegel gegenüber am Ende des Rohres ein zweiter kleiner Hohlspiegel, welcher das Bild des ersteren auffängt und abermals ein Bild davon erzeugt, das durch eine in der Mitte des großen Spiegels angebrachte Öffnung vermittels einer Okularlinse betrachtet werden kann. Bei diesen Einrichtungen erleidet freilich die Helligkeit des Bildes infolge der doppelten Zurückwerfung eine bedeutende Verminderung. Herschel hat daher bei seinem Rieseninstrumente diese Schwächung dadurch zu vermindern gesucht, daß er dem großen Spiegel eine etwas geneigte Stellung gab, so daß die Bilder also nicht mehr in der Achse des Rohres, sondern an seinem äußeren Umfange nahe an der oberen Öffnung erzeugt wurden und hier unmittelbar ohne Dazwischenkunft eines zweiten Spiegels durch das Okular betrachtet werden konnten.

Durchschnitt eines einfachen Fernrohrs.

C die Objektivlinse, C' das Okular, AB der leuchtende Gegenstand, A'B' das Objektivbild, A''B'' das durch das Okular vergrößerte Bild.

Durchschnitt des Newtonschen Teleskops.

CD der Hohlspiegel, EF der Planspiegel, GH das Okular.

Wir kennen nun im wesentlichen die Einrichtung der astronomischen Sehapparate, die man, je nachdem die Bilder in ihnen durch Linsen oder durch Spiegel erzeugt werden, oft als Fernrohr und Teleskop, passender als Refraktor und Reflektor unterscheidet. Wir wollen nun auch die Leistungen dieser Apparate näher prüfen!

Wie und worin können diese Leistungen wohl anders bestehen, als in der Vergrößerung? wird der Leser nach der Vorstellung, die er bisher von Fernrohren hatte, sagen. Gut, lassen wir es denn bei der Vergrößerung! Wir wissen nun aber schon, daß diese Vergrößerung von zwei Umständen abhängt, einmal von der Brennweite des Okulars, dann von der Brennweite des Objektivglases oder Hohlspiegels. Je größer die Brennweite des Hohlspiegels oder der Objektivlinse, desto größer werden die Bilder, die sie erzeugen. Je kleiner aber die Brennweite des Okulars, in desto größerer Nähe gestattet es die Bilder zu betrachten, und desto

größer erscheinen diese. Wir sehen also, das Maß für die vergrößernde Kraft eines Fernrohrs wird bedingt durch das Verhältnis zwischen den Brennweiten des Objektivs und des Okulars. Wir werden also nicht mehr fragen, wie vielmal dieses oder jenes bestimmte Fernrohr vergrößere, denn wir wissen jetzt, daß es je nach dem Okular, welches man anschraubt, ganz verschiedene Vergrößerungen gewähren muß. Wir werden aber dafür nun fragen müssen: welches ist die stärkste Vergrößerung, die ein Fernrohr erträgt, oder bis zu welcher Grenze darf man das Okular verschärfen, d. h. seine Brennweite verkürzen, ohne der Deutlichkeit des Objektivbildes zu schaden? Wir wissen, daß die Deutlichkeit eines Bildes auch von seiner Helligkeit abhängt, und daß diese Helligkeit verschieden wird je nach der Fläche, über welche eine bestimmte Lichtmenge ausgebreitet ist. In je größerer Nähe wir nun durch ein Okular das Objektivbild betrachten, einen desto größeren Raum nimmt dieses Bild auf unsrer Netzhaut ein, desto mehr verliert es also auch an Helligkeit, und es wird daher eine Grenze geben, wo uns der Helligkeit wegen für ein bestimmtes Objektiv keine fernere Vergrößerung durch das Okular gestattet ist.

Jetzt darf ich nun auch sagen, daß eine zweite, wichtige, oft ganz allein entscheidende Leistung des astronomischen Fernrohrs die Vermehrung der Helligkeit ist. Dieser von Laien sehr übersehene Punkt, durch den aber wesentlich der Gebrauch und die Einrichtung des Fernrohrs bedingt ist, findet seine Erklärung in einem höchst einfachen Umstande. Denken wir uns einen fernen leuchtenden Punkt, so gelangt bei der Beobachtung mit bloßem Auge von dem Lichte, das er uns sendet, gerade so viel auf die Netzhaut, als die Öffnung der Pupille aufnimmt. Wollen wir nun denselben Punkt durch ein Fernrohr betrachten, so wird das ganze Licht, welches durch das Objektiv einfällt, in das Auge gelangen, und dort also eine um so größere Helligkeit erzeugen, als die Objektivöffnung des Fernrohrs die Öffnung der Pupille übertrifft. Wir wollen diese Sache noch etwas weiter verfolgen! Zur bloßen Deutlichkeit des Sehens erfordert unsre Netzhaut offenbar nur einen bestimmten Grad der Helligkeit. Da nun durch die Objektivöffnung eines Fernrohrs mehr Licht in unser Auge kommt, so wird, um dieselbe, für das deutliche Sehen genügende Helligkeit zu gewähren, der leuchtende Punkt um so viel entfernter sein können. Wir sehen also, das Fernrohr macht uns Gegenstände sichtbar, die jenseit der natürlichen Sehgrenze liegen, es dringt weiter in die Himmelsräume ein, als die natürliche Kraft des Auges. Wollen wir also die raumdurchdringende Kraft eines Fernrohrs nach Zahlen bestimmen, so haben wir vorzugsweise die Weite der Objektivöffnung zu berücksichtigen, dürfen freilich auch die Unvollkommenheiten in der Durchsichtigkeit des Glases wie der Atmosphäre nicht vernachlässigen. Wir finden dann, daß ein Fernrohr von 1 Zoll Öffnung etwa $4^1/_5$ mal, ein 2zölliges $7^1/_3$ mal, ein 5zölliges 14mal, ein 9zölliges 20mal und ein 14zölliges 25mal weiter in den Himmelsraum vorzudringen vermag, als das bloße Auge. Wilhelm Herschel hat berechnet, daß sein zwanzigfüßiges Riesenteleskop 75mal und sein vierzigfüßiges 192mal weiter in den Raum einzudringen vermochte als das unbewaffnete Auge.

Wie steht es nun aber mit dieser vermehrten Helligkeit des Bildes im Fernrohr, wenn wir es durch verschiedene Okulare, also unter verschiedenen Vergrößerungen betrachten? Wir werden hier einen Unterschied machen müssen, je nachdem wir es mit leuchtenden Flächen oder bloß mit leuchtenden Punkten, also mit Planeten oder Fixsternen zu thun haben. Betrachten wir zunächst die Planeten, die uns ihrer Nähe wegen als kleine Scheibchen gelten müssen! Das Okular vermag offenbar nicht mehr Licht in das Auge zu senden, als es von dem Objektiv empfängt. Alle Bilder eines Planeten, welche Vergrößerung auch angewandt ist, werden also immer nur durch dieselbe Lichtmenge erzeugt werden. Nun ist es natürlich, daß wenn dieselbe Lichtmenge über eine größere Netzhautfläche verbreitet wird, die Helligkeitsempfindung sich vermindern muß. Die Helligkeit eines Planetenbildes wird also beträchtlich abnehmen mit der Vergrößerung, und stark vergrößernde Okulare werden also keineswegs bei Planetenbeobachtungen große Verwendung finden können.

Durchschnitt des Gregoryschen Teleskops.

N der kleine dem Hauptspiegel gegenüberstehende Hohlspiegel, a b das Bild desselben, M P das Okular, a′b′ das vergrößerte Bild des letzteren.

Ganz anders ist es bei den Fixsternen. Hier haben wir es wirklich der großen Entfernungen wegen mit leuchtenden Punkten zu thun, deren Licht also nicht auf der Netzhaut ausgebreitet wird. Hier bleibt demnach wirklich die Helligkeit des Bildes für alle Okulare unveränderlich, da eine Vergrößerung des Bildes nicht stattfindet. Ja diese Helligkeit wächst sogar mit der vergrößernden Kraft des Okulars. Das Gesichtsfeld nämlich, in welchem der Stern erscheint, und dessen Lichtmenge natürlich von der Größe der Objektivöffnung abhängt, erfährt durch das Okular eine Vergrößerung und damit eine eben solche Schwächung seiner Helligkeit, wie das vergrößerte Bild eines Planeten. Der Stern erscheint also auf einem dunkleren Felde und hebt sich um so schärfer von diesem Grunde ab, je stärker die Vergrößerung ist. Zugleich wird dabei das falsche Licht, welches der brechenden Atmosphäre und der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Hornhaut wegen stets das Bild eines Fixsterns umgibt, verringert, und der Stern erscheint kleiner und schärfer begrenzt, als dem bloßen Auge; um so kleiner, je mehr das Okular vergrößert. Auch dies trägt wesentlich zur Sichtbarkeit der Fixsterne bei, denn auf einen je kleinern Raum dieselbe Lichtmenge vereinigt ist, desto größer ist die Helligkeit. Wenn Tycho Brahe für das bloße Auge den Durchmesser der hellen Fixsterne auf 1—1$^{1}/_{2}$ Minute schätzte, so verringert ein gutes Fernrohr diesen Durchmesser auf wenige Sekunden. Nehmen wir aber auch nur an, daß die

Durchschnitt des Herschelschen Teleskops.

M der geneigte Spiegel, a b das Bild desselben, O das Okular und a′b′ das vergrößerte Bild desselben.

Durchmesser der kleinen Kreisscheiben, über welche sich in beiden Fällen das Licht eines Sternes ausbreitet, sich wie 20 : 1 verhalten, so wird das Verhältnis der Flächen und dem entsprechend der Lichtstärken selbst gleich 400 : 1. Nun haben wir gesehen, daß beim Sehen mit bloßem Auge das Bild eines leuchtenden Punktes nur dann auf unsrer Netzhaut empfunden wird, wenn seine Helligkeit mindestens um $^1/_{64}$ größer ist als die von atmosphärischem Lichte bewirkte Erleuchtung der Netzhaut. Beim teleskopischen Sehen wird ein Stern also sichtbar werden, wenn dieser Helligkeitsunterschied noch 400 mal geringer ist.

Ich darf aber nicht vergessen, hinzuzufügen, daß diese äußerste Grenze der Sichtbarkeit nur durch Hinzukommen eines andern Umstandes erreichbar wird. Es ist nämlich eine Eigentümlichkeit der Netzhaut unsres Auges, daß sie für kurze, schnell wechselnde Lichtreize empfindlicher ist, als für dauernde. Lichtschwache Gegenstände, die ruhend mit bloßem Auge nicht mehr wahrgenommen werden können, heben sich deutlich von ihrem Hintergrunde ab, sobald sie einigermaßen schnell bewegt werden. Humboldt erzählt, daß er einst bei Quito seinen Reisegefährten Bonpland in einer Entfernung von $3^7/_{10}$ geogr. Meilen mit unbewaffneten Augen als einen weißen, sich vor den schwarzen basaltischen Felswänden des Vulkans Pichincha fortbewegenden Punkt erkannte. Diese Einflüsse der Bewegung dürfen wir nun auch bei den Sternen nicht vergessen. Auch sie sind vermöge der täglichen Umdrehung des Himmelsgewölbes in einer beständigen Bewegung. Freilich ist die Geschwindigkeit dieser Bewegung für das bloße Auge nicht groß genug, um die Sichtbarkeit begünstigen zu können. Betrachten wir aber einen Stern durch ein Fernrohr, so erscheint nicht bloß sein Bild kleiner und schärfer, sondern auch seine Bewegung wird vergrößert, weil gleichsam der zarte atmosphärische Schleier, hinter dem wir es sich bewegen sehen, vergrößert ist. Diese Bewegung kann also wohl einen Wert erreichen, der die Sichtbarkeit eines schwachen Lichtes auf einem erhellten Hintergrunde erleichtert. Bei Planeten und kleinen Monden kann dieser Einfluß sogar von wesentlicher Bedeutung werden.

Ich denke den Leser nun überzeugt zu haben, daß ein Fernrohr, indem es gleichzeitig die Helligkeit des Objektes vermehrt und das Gesichtsfeld verdunkelt und damit namentlich die Lichtunterschiede vergrößert, sowohl am nächtlichen Himmel Millionen bis dahin unsichtbarer Sterne aus der Tiefe des Raumes hervorzaubern, als auch am Tageshimmel Sterne zeigen kann.

Wir werden nun freilich auch begierig sein, zu erfahren, wie weit es die Kunst in der Verfertigung solcher Instrumente eigentlich gebracht hat. Wenn Galilei vor etwa dritthalb Jahrhunderten seine Entdeckung der Jupiterstrabanten noch mit einem Fernrohr von siebenmaliger Vergrößerung machte, wenn 170 Jahre später William Herschel zu seinen Beobachtungen 6 und 12 m lange Spiegelteleskope anwandte, und wenn wir dann heutigestags auf der irischen Insel jenes Riesenteleskop Lord Rosses aufgestellt sehen, das noch einmal so tief als das beste Herschelsche Instrument in die Tiefen des Himmelsraumes einzubringen gestattet, so offenbart sich darin ein Fortschritt, der nur mit dem der Wissenschaft selbst zu vergleichen ist. Dennoch könnte man meinen, daß, nachdem die Theorie

einmal erkannt war, doch auch die vollkommenen Instrumente der Gegenwart unmittelbar aus den Händen der Kunst hätten hervorgehen können. Das ist freilich mit großen Schwierigkeiten verbunden. Jetzt, nachdem ich von den wunderbaren Leistungen dieser Instrumente erzählt habe, werde ich auch ihre Schwächen nicht länger vorenthalten dürfen.

Wir wollen zunächst von den Linsenfernröhren sprechen, die ja den ersten Anstoß zu den neueren astronomischen Forschungen gaben und über ein Jahrhundert lang die unbestrittene Herrschaft auf diesem Gebiete behaupteten.

Herschels Riesenteleskop.

Von der Wichtigkeit der Objektivlinse glaube ich den Leser überzeugt zu haben. Er wird einsehen, daß von der Deutlichkeit des Bildes, welches die Objektivlinse erzeugt, auch die Deutlichkeit des durch das Okular vergrößerten Bildes abhängt. Diese Deutlichkeit aber setzt voraus, daß alle von einem leuchtenden Punkte herkommenden Strahlen auch in einem einzigen Punkt, dem sogenannten Brennpunkt, durch die Linse vereinigt werden. Ich konnte ohne mich auf mathematische Erörterungen einzulassen, nicht nachweisen, daß nur eine bestimmte Form der Krümmung es ist, welche diese Bedingung erfüllt. Die Kugelform, welche man der Schwierigkeit wegen, die mit dem Schleifen der Linsengläser verbunden ist, gewöhnlich diesen Gläsern gibt, entspricht aber dieser theoretisch geforderten Form keineswegs.

Vielmehr haben die verschiedenen Zonen solcher Linsen verschiedene Brennpunkte, und die Strahlen, welche nahe an dem Rande der Linse durchgehen, werden stärker gebrochen als die in der Mitte durchgehenden. Die Folge davon ist, daß jeder Punkt eines leuchtenden Gegenstandes im Bilde nicht mehr als Punkt, sondern als kleine Fläche erscheint, woraus natürlich auch ein undeutliches Gesamtbild hervorgehen muß. Es gehört also eine große Geschicklichkeit von seiten des Schleifers dazu, wenn diese Fehler in der Krümmung der Linsen beseitigt oder wenigstens fast unschädlich gemacht werden sollen, und man konnte zu einer Zeit, wo man diese Geschicklichkeit durch Erfahrung und Scharfsinn noch nicht erlangt hatte, auch nicht daran denken, bedeutende Vergrößerungen auf diese undeutlichen Bilder anzuwenden. Alle Bestrebungen des 17. Jahrhunderts liefen daher darauf hinaus, außerordentlich lange Fernröhre zu verfertigen, d. h. Objektivlinsen von möglichst großen Brennweiten zu erzeugen, welche natürlich auch große Länge des Rohres bedingten. Man verlegte also die vergrößernde Kraft vorzugsweise in das Objektiv und erreichte dadurch, daß man sich mit schwachen Okularen begnügen konnte, welche die Fehler des Bildes nicht gar zu stark vergrößerten. Besonders in Italien brachte man es in der Kunst, solche Fernröhre herzustellen, außerordentlich weit. Eustachius de Divinis erlangte damit zuerst einen hohen Ruf, aber er wurde bald von Joseph Campani in Rom übertroffen, der schon 1652 ein Fernrohr verfertigte, mittels dessen man die Streifen des Planeten Jupiter deutlich sehen konnte. Campani ging in in seinen Bestrebungen, große Fernröhre herzustellen, rasch immer weiter und gelangte bald zu Instrumenten von 6 und 9 m Brennweite. Auf Bestellung des französischen Ministers Colbert verfertigte er ein Fernrohr-Objektiv von 38 m Brennweite, mit dem man freilich damals in Paris nichts anzufangen wußte. Lalande hat dieses Glas später in Bologna gefunden und erklärte es für eines der besten existierenden Fernrohrgläser. Ebenfalls in Bologna befinden sich auch die kupfernen Schalen, in welchen Campani seine Gläser schliff; sie wurden vom Papste Benedikt XIV. käuflich erworben und mit dem oben genannten Objektivglase der Akademie zu Bologna geschenkt. Den größten Nutzen gewährten die Campanischen Fernröhre der Astronomie in den Händen von Dominicus Cassini, wie wir noch später sehen werden. Übrigens waren die Preise solcher Instrumente enorm hoch; selbst der reiche Danziger Hevelius, der ungeheuere Summen auf seine Sternwarte und die Herausgabe seiner Beobachtungen verwandte, schrak vor den Kosten eines großen italienischen Fernrohres zurück und zog es vor, sich selbst an die Verfertigung desselben zu machen. Er muß auch wohl zu befriedigenden Resultaten gelangt sein, denn gelegentlich verschiedener Besuche, welche die polnischen Könige Kasimir und Johann III. dem Danziger Astronomen abstatteten, erfahren wir interessante Einzelheiten über gewisse Erscheinungen, welche der König durch Hevelius' Fernrohr wahrnahm. Mittels seines großen Fernrohres stellte Hevelius auch die erste genauere Mondkarte her. Huygens, der Entdecker des ersten Saturntrabanten konstruierte ein Fernrohr von 35 m Länge, doch hat er höchst wahrscheinlich damit niemals beobachtet. Auzout konstruierte ein Objektiv von beinahe 100 m Brennweite

das eine 600malige Vergrößerung ertrug. Natürlich konnten solche Riesenfernröhre nicht mehr wirkliche Rohre sein, wie unsre heutigen kleinen Fernröhre, sondern die Objektive waren in den wenigen Fällen, wo man sie einmal wirklich benutzte, an hohen Masten befestigt, und nur die Okulare steckten in kleinen Röhren, mit denen man nach dem Objektiv visierte. Diese Leidenschaft für lange Fernröhre und zugleich dieses Vertrauen auf ihre Leistungen ging so weit, daß Hooke, der Zeitgenosse und Rivale Newtons, den abenteuerlichen Vorschlag machte, ein drei Kilometer langes Fernrohr (also fast von der Länge einer halben geographischen Meile) zu bauen, durch das man dann, wie er meinte, die Geschöpfe auf dem Monde sehen werde.

Die Unbequemlichkeit in der Handhabung 30 m langer Fernröhre oder vielmehr loser, nur durch Stricke einzustellender Linsenpaare, entzog allmählich den Linsenfernröhren die Gunst der Astronomen und verschaffte in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts den von Newton erfundenen Spiegelteleskopen das Übergewicht. Zwar waren auch diese mit jenem Fehler der sphärischen Form behaftet, aber sie gewährten den Vorteil, daß man den Spiegeln leicht größere Dimensionen geben und dadurch die Helligkeit der Bilder in einem Grade erhöhen konnte, wie es bei Glaslinsen kaum ausführbar erschien. Man darf freilich nicht glauben, daß ein Spiegelteleskop bei gleicher Objektivöffnung auch eine gleiche Helligkeit, wie ein Linsenteleskop gibt. Bei der Spiegelung erleidet das Licht eine bedeutende Schwächung; kaum zwei Drittel des auffallenden Lichtes werden von dem Metallspiegel zurückgeworfen, und da bei den Newtonschen und Gregoryschen Teleskopen sogar eine zweimalige Spiegelung stattfindet, so konnte bei einer Vergleichung mit den Linsenfernröhren nicht einmal die Hälfte der Objektivöffnung in Betracht kommen. Jedenfalls aber war dem Verlangen nach dem Riesenmäßigen hier eine günstigere Aussicht eröffnet als dort. Ehe diese Aussicht sich aber erfüllte, wurde eine Entdeckung gemacht, die den Linsenfernröhren abermals die ungeteilte Aufmerksamkeit der Astronomen zuwandte und ihnen bis heute eine bleibende Stätte in den Beobachtungssälen derselben sicherte.

Gregorys Spiegelteleskop.

Die Fehler der sphärischen Gestalt der Glaslinsen lassen sich durch mechanische Geschicklichkeit mit der Zeit beseitigen. Aber diese Linsen sind noch mit einem andern Mangel behaftet, gegen den keine mechanische Kunst hilft, und der so in der Natur des Lichtes begründet ist, daß selbst ein Newton an der Möglichkeit

seiner Beseitigung verzweifelte. Ein Lichtstrahl wird nämlich durch eine Linse nicht allein gebrochen, sondern auch in Farben zerstreut. Das weiße Licht ist keineswegs so einfacher Natur, als es scheint, sondern besteht aus verschiedenen farbigen Strahlen, deren Teilchen sich in verschiedenen Schwingungsständen befinden, und die darum auch ganz verschiedene Ablenkungen durch brechende Mittel erfahren. Solche verschiedene Brechbarkeit bedingt aber auch verschiedene Brennpunkte, die um so weiter von der Linse entfernt liegen werden, je weniger der farbige Strahl gebrochen wurde, d. h. je näher seine Farbe dem Rot liegt. Man sieht also, daß beim Durchgange durch eine Linse jeder der farbigen Strahlen sein besonderes Bild erzeugt, und daß wir also statt eines einzigen weißen Bildes, wie verlangt wurde, eine Reihe von hintereinander liegenden, gesonderten, farbigen Bildern erhalten. Nur eines dieser Bilder kann natürlich in der Brennweite der Okularlinse betrachtet werden, nur eines kann also bei seiner Vergrößerung ein deutliches Bild erzeugen. Die übrigen Bilder vermischen sich aber mit diesem einen deutlichen Bilde, und wenn sie sich auch in der Mitte decken und dadurch das Bild wieder weiß erscheinen lassen, so daß nur an den Rändern die Spuren der farbigen Bilder sichtbar werden, so muß doch die Deutlichkeit des Gesamtbildes unter dieser Vielfältigkeit der Bilder leiden.

Von diesem Übelstande, der mehr als alles jeden Gebrauch einer starken Vergrößerung verhinderte, befreite Dollonds Konstruktion im Jahre 1759 die Linsenfernröhre. Sie beruht einfach auf dem Umstande, daß das Brechungsvermögen verschiedener Körper keineswegs mit ihrer Farbenzerstreuung ganz zusammenfällt, daß also zwei durchsichtige Körper einen Lichtstrahl gleich stark brechen, d. h. ablenken können, während die Farben, die sie erzeugen, in dem einen Bilde auf einen doppelt so kleinen Raum zusammengedrängt sind als in dem andern. Wir wissen nun, daß eine hohlgeschliffene Linse in bezug auf die durchgehenden Strahlen gerade die entgegengesetzten Wirkungen wie eine erhaben geschliffene ausübt. Man könnte also die durch das Objektivglas gegangenen Strahlen nochmals durch eine auf einer Seite hohlgeschliffene Linse gehen lassen, deren Material ihr aber eine solche Eigenschaft verleihen müßte, daß sie nur die Farbenstreuung aufhöbe, ohne die Brechung ganz zu vernichten. Ein solches Material fand Dollond in einem bleihaltigen Glase, dem sogenannten Flintglase, und die Verbindung einer halb hohl geschliffenen Flintglaslinse mit einer erhabenen Crownglaslinse ist es, die wir seit Dollond unter dem Namen der achromatischen Linse kennen. Durch sie ist die Undeutlichkeit wegen vielfacher Farbenbilder fast gänzlich beseitigt. Allerdings ist gleichzeitig dadurch die Brennweite der Linsen bedeutend verkürzt und damit eine erhöhte Anforderung an die Geschicklichkeit des Schleifers gestellt. Der erste, der die Möglichkeit achromatischer Objektive behauptete, war Leonhard Euler, einer der scharfsinnigsten Mathematiker aller Zeiten. Er ging dabei von der Ansicht aus, daß, weil das menschliche Auge achromatisch sei, so müsse es möglich sein, durch Anwendung konvex-konkaver Glaslinsen und geeigneter Flüssigkeiten, welche den hohlen Raum dazwischen ausfüllten, farblose Bilder zu erhalten. Außer einer mathematischen Untersuchung vom Jahre 1747 über diesen Gegenstand

beschäftigte sich Euler indes nicht weiter damit. Wenige Jahre später bewies Klingenstierna durch eine andre Untersuchung ebenfalls die Möglichkeit achromatischer Objektive, und jetzt zögerte John Dollond nicht länger, sich durch den Versuch davon zu überzeugen. Statt der Flüssigkeiten wählte er jedoch zwei verschiedene Glasarten, welche in England unter dem Namen Crown- und Flintglas bekannt sind, und sein Versuch gelang in überraschender Weise. Im Jahre 1758 brachte Dollond das erste fünffüßige achromatische Fernrohr zustande, welches in seinen Leistungen die meisten damals vorhandenen großen Instrumente in jeder Beziehung bedeutend übertraf.

Die meisten Dollondschen Refraktoren besaßen Objektive, welche aus drei Gläsern bestanden, einer mittleren bikonkaven Flintglaslinse und zwei konvexen Crownglaslinsen; doch lieferte der englische Künstler später auch Objektive mit nur zwei Linsen, und solche sind jetzt allgemein in Anwendung. Die Dollondschen Ferngläser waren, wie die Beobachtungen erweisen, den langen, blasrohrähnlichen Instrumenten, womit Cassini beobachtet hatte, in der optischen Wirkung nicht sehr überlegen, aber sie waren unvergleichlich kürzer und handlicher, den Spiegelteleskopen standen sie freilich im allgemeinen an optischer Kraft nicht gleich. Der von Dollond praktisch betretene Weg verhieß indessen weitere Erfolge.

Das Repsoldsche Mittagsrohr in Pulkowa und der Fraunhofersche Refraktor in Dorpat.

Daß die Kunst die Erwartung der Astronomen nicht getäuscht hat, davon liefert Fraunhofer den sichtlichsten Beweis. Aus seiner Hand gingen die großen Refraktoren der Dorpater und der Berliner Sternwarte hervor, die eine Objektiv-

öffnung von 24 cm und eine Brennweite von $4^1/_2$ m besitzen. Anfänglich hatte Fraunhofer mit dem Auslande einen schweren Kampf zu bestehen, denn zu Anfang dieses Jahrhunderts herrschten die englischen Fernrohre der Firma Dollond auf allen Sternwarten vor. Nach und nach freilich zeigte sich die Überlegenheit der neuen Münchener Refraktoren, die ungleich lichtstärker und schärfer waren als Dollonds Achromate und ebenso als die damaligen Spiegelteleskope. Fraunhofer starb leider in der Blüte seiner Jahre, am 7. Juni 1826 und nahm das Geheimnis seiner Glasfabrikation mit ins Grab. Er hatte seine frühere Methode in einer versiegelten handschriftlichen Mitteilung beim bayrischen Ministerium hinterlegt, allein seine Nachfolger erhielten diese Papiere anfangs nicht ausgeliefert, erst später geschah dies, und dennoch war es unmöglich, größere Flintglasblöcke optisch rein herzustellen, bis der technische Dirigent und spätere Eigentümer der optischen Anstalt, Georg Merz, neue Versuche anstellte, die von glücklichem Erfolge gekrönt waren. Jetzt konnte die Anstalt dazu übergehen, Refraktoren von 26 und selbst 34 cm Objektivdurchmesser herzustellen, letztere für die Sternwarten zu Pulkowa und Cambridge in Nordamerika. Die stärksten Vergrößerungen dieser Instrumente gehen bis 2000. In neuester Zeit sind diese Leistungen übrigens weit übertroffen worden durch die genialen Arbeiten der Nordamerikaner. Die ersten Nachrichten, welche von dort über den Bau wahrhaft riesiger Refraktoren nach Europa kamen, wurden hier mit Kopfschütteln aufgenommen und als Humbug betrachtet; aber bald ließ sich nicht mehr bezweifeln, daß nordamerikanische Beobachter im Besitze von Refraktoren seien, welche den größten europäischen Instrumenten dieser Art weit an optischer Kraft überlegen wären. Die erste Bedingung der Möglichkeit großer Refraktoren ist, wie wir wissen, die Herstellung homogenen, streifenfreien Flintglases, woraus das Objektiv geschliffen werden kann. Größere Glasscheiben in rohem Zustande wurden aber von dem optischen Institute in München nie in den Handel gebracht, vielmehr die Methode der Flintglasbereitung und selbst des Polierens der Gläser als tiefstes Geheimnis behandelt. Solange daher die Bereitung gleich fehlerfreien Glases in großen Stücken von andrer Seite nicht gelang, blieb der Fortschritt in der Konstruktion großer Refraktoren lediglich von den Fortschritten der Technik im Merzschen Institute abhängig. Lange Zeit schlugen auch alle anderweitigen Versuche zur Herstellung geeigneter großer Glasmassen fehl, und das, was Guinand, Bontemps, Daguet und andre lieferten, konnte die Konkurrenz mit München nicht bestehen. Nach den Angaben von Merz ist aber auch in dessen optischer Anstalt die Herstellung des Flintglases, trotz aller Erfahrungen seit Fraunhofer, noch durchaus nicht fabrikmäßig zu betreiben, d. h. Schmelzen von vielen Zentnern Gewicht liefern nur einzelne Stücke optisch vollkommen brauchbaren Flintglases, und der Erfolg hängt noch immer von gewissen Zufälligkeiten ab. In neuester Zeit gelang es jedoch Feil in Paris und besonders der Firma Chance Brothers und Komp., Besitzerin des großen Glaswerkes zu Smethwick bei Birmingham, fehlerfreie Glasscheiben für Fernrohrobjektive herzustellen, die weit größer sind als diejenigen des Münchener Instituts, auch diesen an Güte nicht nachstehen. Schon im Jahre 1855 bot die Firma Chance

Brothers der Pariser Sternwarte zwei große Glasscheiben von Flint- und Crownglas von 75 cm Durchmesser für den Preis von 50 000 Frcs. oder 40 000 Mark an, und Foucault, der dieselben optisch untersuchte, sprach sich dahin aus, daß sie ein vorzügliches Fernrohrobjektiv liefern dürften. In Paris hat man jedoch so lange an dem Glase herumgeschliffen, bis es zu dünn wurde, dann bot man die Vollendung des Objektivs dem Optiker Merz in München an, welcher das Anerbieten jedoch ablehnte. Die Firma Chance hat übrigens noch andre Glasmassen von beträchtlicher Größe und optischer Vorzüglichkeit in den Handel gebracht und dadurch nach und nach verschiedene Optiker in den Stand gesetzt, sich unabhängig von der Münchener Anstalt an der Herstellung großer Objektive zu versuchen. Es ist dies mit vorzüglichem Erfolge in Nordamerika geschehen, wo reiche Privatleute wahrhaft fürstliche Mittel spenden, um Sternwarten zu errichten, die mit Rieseninstrumenten den Himmel durchforschen. Ganz Europa besitzt nicht so viele große Refraktoren, als sich in den Vereinigten Staaten finden, wo nicht wenige Privatleute zu ihrem Vergnügen Beobachtungen anstellen mit Instrumenten von jener Größe und Güte, wie sie in Europa noch zu den frommen Wünschen der meisten Sternwarten gehören. Der berühmteste Optiker ist dort Alvan Clark, dessen Anstalt in bezug auf Leistungsfähigkeit für Riesenteleskope bis zu 75 cm und mehr Öffnung das Merzsche Institut in München übertrifft, während seine Refraktoren bei gleicher Größe in bezug auf Lichtstärke und Schärfe den Münchener nicht nachstehen. So finden wir auf der Sternwarte zu Chicago einen imposanten Refraktor von 45 cm Öffnung und 7,2 m Brennweite aus A. Clarks Meisterhand. Der berühmte Astronom G. P. Bond hatte das Instrument kurz nach dessen Vollendung geprüft und so ausgezeichnet befunden, daß er durch Subskription die Mittel zu seinem Ankaufe zusammenzubringen suchte. Darin kam ihm jedoch J. Y. Scammon, ein reicher Bürger Chicagos, zuvor, der seiner Vaterstadt den Ruhm verschaffen wollte, den größten und besten Refraktor der Welt zu besitzen. Dieser Ruhm ist ihr freilich nicht lange geblieben, denn A. Clark versuchte sich mit Eifer und Glück an immer größeren Instrumenten und erbaute einen Refraktor von 65 cm Objektivdurchmesser und 10 m Brennweite. Derselbe befindet sich gegenwärtig in Washington und wird an optischer Vollendung von keinem andern aus Menschenhand bis jetzt hervorgegangenen Instrumente übertroffen.

Übrigens hat Clark etwas später einen Refraktor von genau der gleichen Größe für einen Privatmann Hn. Mc. Cornick in Chicago ausgeführt. Der Preis des Washingtoner Instrumentes beziffert sich inklusive aller Hilfsapparate auf 195 000 Mark. Die Vorzüglichkeit dieser großen Fernrohre ist Veranlassung geworden, daß auch für die russische Zentralsternwarte zu Pulkowa, welche bisher als Hauptinstrument einen ausgezeichneten Münchener Refraktor von 34 cm Öffnung besitzt, ein Rieseninstrument von 75 cm freier Öffnung und 26,5 m Brennweite bei Clark in Auftrag gegeben wurde. Um sich von den ungeheuren Verhältnissen eines solchen Fernrohres eine Vorstellung zu machen, will ich erwähnen, daß das Gesamtgewicht des Objektivglases und seiner Fassung nahezu 5 Zentner betragen

wird. Übrigens ist ein zweiter noch größerer Refraktor, dessen Objektivglas 95 cm Durchmesser erhalten wird, von Clark in Angriff genommen und zwar für die auf Mt. Hamilton in Kalifornien im Bau begriffene Sternwarte, zu der Herr Lick die erforderliche große Summe gegeben hat. Ein Refraktor von 23 engl. Zoll Öffnung und 30 Fuß Brennweite ist kürzlich von Clark für die Sternwarte zu Princeton geliefert worden. Die Kosten dieses Instrumentes beliefen sich auf 108 000 Mark und wurden, wie dies in Nordamerika sozusagen gebräuchlich ist, von einigen Freunden der Sternkunde zusammengebracht.

Europa besitzt augenblicklich nur zwei Refraktoren von über 50 cm Durchmesser des Objektivs. Der eine ist Eigentum des Engländers R. S. Newall, der ihn auf seiner Privatsternwarte in Gateshead bei Newcastle aufgestellt hat. Dieses Instrument ging aus der Werkstätte von T. Cooke hervor und besitzt ein Objektiv von 62 cm Durchmesser. Die Bilder dieses Fernrohres lassen an Reinheit nichts zu wünschen übrig. Neben Cooke ist noch Th. Grubb als ausgezeichneter Optiker hervorzuheben, der bereits vier Refraktoren von 38 cm Öffnung konstruiert hat und neuerdings den Riesenrefraktor von 27 engl. Zoll Objektivdurchmesser für die neue Wiener Sternwarte ausführte, die sowohl in bezug auf instrumentelle Ausrüstung als äußere Eleganz zu den hervorragendsten der Welt zählt. Zwei große und herrliche Instrumente von 18 Pariser Zoll Öffnung sind in den letzten Jahren von Merz in München hergestellt worden. Das eine ziert die neue Sternwarte in Straßburg, das andre wird auf der Mailänder Sternwarte Aufstellung finden.

In jüngster Zeit hat Herr R. Bischoffsheim in Paris in hochherziger Weise die Summe von $1^1/_2$ Millionen Franks zum Bau einer prachtvollen Sternwarte in Nizza gespendet. Die im Bau schon vollendete Sternwarte umfaßt ein Areal von 350 000 qm, und dieser ungeheure Raum gestattet, das Ideal der heutigen Astronomie zu verwirklichen, nämlich für jedes größere Instrument ein besonderes Gebäude zu errichten. Unter denselben zieht eine gewaltige Kuppel, die auf einem viereckigen Steinbau von 26 m Seitenlänge ruht, zunächst den Blick auf sich. Sie wird einen Refraktor von 70 cm Objektivdurchmesser und 50,5 m Brennweite aufnehmen, dessen Gläser die Gebrüder Henry in Paris herstellen. Was dieses Riesenfernrohr unter dem reinen Himmel Nizzas leisten wird, ist noch gar nicht abzusehen! Da ich gerade von Errichtung einer Sternwarte auf Kosten eines Privatmanns spreche, so darf ich nicht verfehlen, zu bemerken, daß auch unser deutsches Vaterland und zwar in der Stadt Bamberg eine Sternwarte erhalten wird, zu der ein Privatmann die Geldmittel gewährt hat. Es ist dies der am 29. Mai 1882 zu Bamberg verstorbene Dr. Karl Remeis, der mittels letztwilliger Verfügung 400 000 Mark zur Errichtung dieser Sternwarte spendete und außerdem einen ausgezeichneten Refraktor von 25 cm Öffnung aus Schröders Meisterhand als Hauptinstrument dieser neuen Sternwarte überwies. Möge der Wunsch des edlen Stifters in Erfüllung gehen, daß „von dieser neuen Himmelswarte für viele Generationen geistige Früchte in Hülle und Fülle gespendet werden!“

Wunder der Sternenwelt. 3. Aufl. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Die Sternwarte zu Nizza.

Die Sternwarte zu Alexandria zur Zeit des Hipparchos.

Welcher bedeutende Unterschied zeigt sich uns zwischen einem mit allen Mitteln der Gegenwart eingerichteten astronomischen Observatorium und den einfachen Beobachtungsräumen früherer Zeit, insbesondere bei den alten Völkern, wovon uns vorstehende Abbildung ein Beispiel vorführt. Einen wesentlichen Fortschritt aus dem Mittelalter, für welches Tycho de Brahe dieselbe Bedeutung wie Hipparch für das Altertum hatte, wird uns die Abbildung auf Seite 97 zeigen.

Es mag bei dieser Gelegenheit noch bemerkt sein, daß für den Bau einer Sternwarte jetzt weniger die hohe Lage der Gegend, als vielmehr die Festigkeit des Bodens zur thunlichst sichern Aufstellung der Instrumente, sowie namentlich die Dunkelheit der Umgebung in Betracht kommt. Deshalb hat man in größern Städten, wo das Licht der Gasbeleuchtung stören würde, sich für die dortigen Sternwarten in neuerer Zeit meist abgelegene Plätze ausgesucht. So ist die Sternwarte zu Leipzig, früher auf dem nahe der Mitte der Stadt gelegenen Schlosse Pleißenburg befindlich, gegenwärtig in dem isoliert gelegenen Johannisthale errichtet. Von ähnlichen Rücksichten hat man sich bei Ausführung der neuern Observatorien zu Wien, Pulkowa, Straßburg, Potsdam ꝛc. leiten lassen. Die Sternwarte im letztgenannten Orte dient vorzugsweise zu astrophysikalischen Untersuchungen und ist deshalb außer mit den Hauptinstrumenten (Refraktor, Meridiankreis, Passageninstrument, Chronometern ꝛc.) auch besonders reich mit Spektralapparaten, photographischen und photometrischen Hilfsmitteln ꝛc. ausgerüstet.

Wenden wir uns nun von den Refraktoren zu den Spiegelteleskopen oder Reflektoren, welche beim Fortschreiten der Wissenschaft zuerst das Verlangen nach dem Riesigen befriedigt haben.

William Herschel, damals noch Dilettant in der Astronomie und Musikdirektor in Bath, durch die Not gedrängt, die Hilfsmittel der Forschung sich selbst zu schaffen, baute jene riesigen Teleskope, die, wenn es seine wissenschaftlichen Arbeiten und Entdeckungen nicht gethan, allein seinen Namen unsterblich gemacht hätten. Mehr als 400 Spiegel von 2—6 m Brennweite gingen aus seinen Händen hervor — und doch mußte er selbst erst die Apparate und die Methode des Schleifens sowie die Mittel erfinden, um die durch die sphärische Form veranlaßten Fehler verschwinden zu machen.

Die neue Sternwarte zu Leipzig, im dortigen Johannisthal.

Zwei seiner Teleskope sind es besonders, an welche die Nachwelt seinen Namen zu knüpfen gewohnt ist: ein 6 m langes, ausgezeichnet durch die zahlreichen Entdeckungen und als das „20füßige Teleskop" bekannt, und das berühmte 40füßige (von mehr als 12 m Länge), dessen Spiegel anderthalb Meter im Durchmesser maß, welches aber nur kurze Zeit im Gebrauch blieb.

Zwei neuere Instrumente haben nicht nur diese mit Recht so vielfach angestaunten Wunder Herschels erreicht, sondern auch übertroffen, und auch diese beiden sind nicht auf Kosten von Regierungen oder reich dotierten Instituten, sondern von zwei Männern geschaffen worden, die nur ihre Begeisterung für die Wissenschaft zu so riesengroßen Opfern veranlaßte. Das eine war das Teleskop Lassells zu Starfield bei Liverpool, das $1^1/_3$ m Öffnung und 12 m Brennweite besaß und

an Leistungsfähigkeit das große Herschelsche jedenfalls übertraf. Leider ist es von seinem Besitzer kurz vor dessen Tode vernichtet worden. Das andre ist das Riesenteleskop Lord Rosses in Parsonstown bei Dublin. Schon im Jahre 1839 hatte Rosse einen Reflektor angefertigt und in der Nähe seines Schlosses aufgestellt, dessen Spiegel 1 m Durchmesser und 8 m Brennweite besaß. Drei Jahre darauf folgte ein Instrument von so riesigen Dimensionen, daß man auf die erste Nachricht davon sich eines ungläubigen Lächelns nicht erwehren konnte. Der Spiegel dieses Instrumentes mißt bei einer Brennweite von 15 m etwa $1\frac{4}{5}$ m im Durchmesser. Seine Fläche umfaßt etwa $2\frac{1}{2}$ qm.

Die neue Sternwarte zu Wien.

Der Spiegel des 12metrigen Herschelschen Teleskops bot nur $1\frac{1}{8}$ qm Fläche. Die Lichtmasse, die von diesem Spiegel ausgeht, ist also mehr denn doppelt so groß, als die im größten Herschelschen Reflektor, und wir wissen ja, daß von dieser Lichtmasse hauptsächlich die raumdurchdringende Kraft eines Fernrohres abhängt. Bei einer Dicke von 14 cm an den Rändern und $12\frac{3}{4}$ cm in der Mitte wiegt dieser Spiegel 4071 kg. Dazu kommt das $15\frac{1}{3}$ m lange, 2 m im Durchmesser starke Rohr. Dasselbe ist allerdings nur von Tannenholz und mit eisernen Reifen beschlagen, doch aber über $6\frac{1}{2}$ Tonnen (135 Ztr.) schwer. Nimmt man endlich die Unterlage, auf welcher der Spiegel ruht, so haben wir ein Gesamtgewicht des ganzen Instruments von 16284 kg. Dieses Riesenteleskop bewegt sich zwischen zwei starken Mauern, die, genau von Nord nach Süd errichtet, nach innen eine Höhe von

18 m erreichen. Trotz seines Gewichts läßt es sich zwischen diesen Mauern mit Hilfe einer sinnreichen Maschinerie leicht auf und nieder drehen, und ein an der östlichen Mauer angebrachter eiserner Gradbogen mißt diese Bewegungen mit großer Genauigkeit. Galerien, die zum Teil fest, zum Teil beweglich eingerichtet sind, führen zu dem obern Teile des Rohres, und es mag oft wohl einen gefahrvollen Anblick gewähren, wenn man den Beobachter in schwindelnder Höhe an dem Gipfel dieses beweglichen astronomischen Turmes schweben sieht. Die Leistungen des Instrumentes sind außerordentlich, besonders in Rücksicht auf Nebelflecke und Sternhaufen, welche ich später genauer behandeln werde. Aber auch die Planeten bieten im Rosseschen Teleskope einen außerordentlich interessanten Anblick. Die Leistungen eines Refraktors von 30 cm Öffnung erscheinen gering im Vergleich zu dem Anblick, den z. B. der Mond im Parsonstowner Riesenreflektor darbietet. Leider ist das Instrument nicht nach allen Richtungen drehbar und sonst, trotz der hohen Vollkommenheit des seine Bewegung vermittelnden Mechanismus, zu unbehilflich, um zum speziellen Studium der Mondoberfläche verwandt zu werden. Hierfür eignen sich, wie wir später genauer sehen werden, am besten die Refraktore, auch würde wohl schwerlich ein Astronom, dem die Wahl zwischen einem Clarkschen Refraktor von 65 cm Öffnung und dem Rosseschen Riesenteleskope als Beobachtungsinstrument gestellt würde, einen Augenblick schwanken, sich für den Refraktor zu entscheiden.

Nach dem Tode des Lord Rosse ließ sein Sohn und Erbe ganz im Sinne des Vaters die Beobachtungen am großen Reflektor fortsetzen.

Ein größeres Spiegelteleskop ist für Melbourne in Australien vollendet, sein Spiegel hat $1^1/_5$ m Durchmesser und besteht aus einem Metallgemisch, welches 4 Teile Kupfer und 1 Teil Zinn enthält. Es ist dieselbe Komposition, welche auch bei dem Spiegel des großen Rosseschen Teleskops angewendet wurde. Das Gewicht des Spiegels mit der Fassung beträgt nahezu 40 Zentner, und es war keine geringe Schwierigkeit, eine so schwere Masse derart zu befestigen, daß sie in keiner Lage einer Spannung durch den eignen Druck ausgesetzt ist. Ein lokaler Druck von wenigen Kilogrammen würde nämlich schon ausreichen, um die Bilder des Spiegels gänzlich zu verzerren. Der Mechaniker Grubb in Dublin, der die Herstellung des Teleskops übernommen, hat auf sehr sinnreiche Weise jede Spannung der einzelnen Teile des Spiegels dadurch vermieden, daß er diesen gleichsam in 48 gleich schwere Stücke zerlegte und jedes derselben in seinem Schwerpunkte durch einen vertikal wirkenden Hebel balancierte. Der Spiegel selbst ist in der Mitte durchbohrt, und die von ihm kommenden Strahlen werden vor ihrer Vereinigung zu einem Bilde von einem kleinen konvexen Spiegel aufgefangen und dem Okulare zugesandt, das in einer Röhre eingeschlossen ist, die in dem durchbohrten Teile des Hauptspiegels angebracht ward. Wie man sieht, ist diese Konstruktion sehr nahe mit derjenigen des Gregoryschen Teleskops verwandt, besitzt aber vor derselben mehrere nennenswerte Vorzüge. Das Rohr besteht aus zwei Teilen; der untere ist über 2 m lang und aus Eisenblech, der obere, 6—7 m lang, besteht aus einem rautenförmigen Gitterwerk von Stahlbändern.

Lord Rosses Riesenteleskop zu Parsonstown bei Dublin.

Um der scheinbaren Bewegung des Himmels zu folgen, ist das Teleskop mit einem Uhrwerk in Verbindung gebracht, das im Innern des Pfeilers sich befindet. Dasselbe bewegt die gewaltige, 160 Zentner wiegende Masse mit einer solchen Genauigkeit, daß ein Stern, der im Gesichtsfelde sichtbar ist, stundenlang unverrückbar in demselben zu stehen scheint.

Das große Spiegelteleskop zu Melbourne.

Um den Spiegel vor der Witterung zu schützen, kann ein Deckel seitwärts über denselben geschoben werden. Das Gebäude, in welchem das Teleskop steht, ist in der Richtung von Nord nach Süd 26 m lang und 8 m breit. Der eigentliche Teleskopraum nimmt von dieser Länge 13 m ein, die folgenden 4 m sind bestimmt für eine Polirmaschine, einen Krahn und eine Dampfmaschine. Der übrig bleibende Raum ist in zwei Zimmer geteilt, deren eines als Arbeitsraum, das andere als Laboratorium dient. Ein 16 m langes, bewegliches Dach läuft auf einer Eisenbahn, die längs des ganzen Gebäudes gelegt ist.

Man kann das Dach über den niedrigen Teil des Hauses rollen, und dann wird der Teleskopraum frei. Das Melbourner Spiegelteleskop ist das mächtigste Sehwerkzeug auf der südlichen Erdhälfte, doch kann man nicht behaupten, daß es bis heute zu wichtigen Entdeckungen an der südlichen Himmelssphäre gedient hätte.

Weshalb diese Spiegelteleskope trotz ihrer unvergleichlich größeren Vervollkommnungsfähigkeit dennoch die achromatischen Linsenfernröhre nicht aus den Sternwarten verdrängt haben, kann uns kaum noch ein Rätsel bleiben. Der Astronom braucht sein Fernrohr nicht bloß zum Schauen, sondern auch zum Messen. Dazu bedarf es aber einer außerordentlich leichten und sicheren Beweglichkeit, welche mit dem ungeheuern Gewichte der Spiegelteleskope nicht zu vereinigen ist. Das Gewicht der Metallspiegel ist so bedeutend, daß bei ihrer Aufstellung Lassell und Rosse die sinnreichsten Vorrichtungen erdenken mußten, damit nicht durch eine geringe Druckänderung in einem einzelnen Punkte ihrer Oberfläche eine merkliche Veränderung ihrer Krümmung bewirkt werde. Trotz der großen Dicke, die man diesen Spiegeln gegeben hatte, zeigten sie doch längere Zeit, je nach der Art des Aufliegens auf ihren Lagern und je nach der Höhe, auf welche man die Teleskope richtete, mannigfach entstellte und verzerrte Bilder. Ein weiterer Umstand, welcher die Spiegelteleskope seltenen Eingang auf Sternwarten finden ließ, war, außer dem bedeutenden Lichtverlust, zumal bei doppelter Spiegelung, auch noch ihre geringe Dauerhaftigkeit. Durch Einwirkung der Feuchtigkeit und selbst der stets in der Atmosphäre befindlichen Gase laufen die Spiegel sehr bald an, und ein Aufpolieren hat in der Regel den Untergang der genauen Gestalt des Spiegels und damit auch seiner Leistungen zur Folge. Herschels $12\frac{1}{2}$ metriges Teleskop war

Spiegelteleskop mit versilbertem Objektiv, von Léon Foucault.

schon nach wenigen Jahren unbrauchbar und ist gegenwärtig nur eine wissenschaftliche Reliquie. Von solchen Mängeln hat endlich eine an sich höchst unscheinbare chemische Erfindung die Spiegelteleskope befreit. Es ist gelungen, polierte Glasflächen mit einer so außerordentlich dünnen und gleichmäßigen Silberschicht zu überziehen, daß sie vollkommen die Rolle von Metallspiegeln übernehmen können. Die genau sphärisch geschliffene Glasfläche behauptet ihre Gestalt unverändert, und die kaum $^1/_{14000}$ mm dicke Silberschicht kann, wenn sie einmal anläuft, unbeschadet der Form, gereinigt oder selbst erneut werden. Der Lichtverlust soll bei solchen Silberspiegeln nur 9 %, und selbst bei zweimaliger Spiegelung nur 17 % betragen, während er bei den besten Fraunhoferschen Objektiven 23 % erreicht. Teleskope mit Silberspiegeln sollen daher Fernröhre mit gleicher Öffnung sogar an Helligkeit noch übertreffen.

Außerdem gewähren die Silberspiegelteleskope noch den Vorteil, daß sie bei gleicher Brennweite einen größeren Durchmesser haben können als die Refraktore. Ein solches 7,5 cm Teleskop kommt bei 48 cm Brennweite den Leistungen eines 7,5 cm Fernrohres von 110 cm Brennweite nahe gleich. Erwägt man noch die einfache Herstellung dieser kein streifenfreies Glas mehr verlangenden Spiegel und die dadurch bedingten niedrigen Preise, so dürfte man es keine zu überspannte Erwartung nennen, daß solche Silberspiegelteleskope bald selbst in Privathäuser eindringen und die Wunder des Himmels an den häuslichen Herd herniederzaubern werden.

Achsensystem des Photoheliographen der Sternwarte zu Wilna.

Der berühmte französische Physiker Foucault hat sich mit der Herstellung großer Silberspiegelteleskope besonders viel beschäftigt. Nachdem ihm eine Anzahl von kleineren Instrumenten dieser Art trefflich gelungen war, schritt er zur Anfertigung eines größern Teleskops von 70 cm Spiegeldurchmesser und 4 m Brennweite. Die große Glasscheibe des Spiegels wurde in der berühmten Fabrik

zu Saint-Gobain gegossen, und das Schleifen derselben erfolgte unter Foucaults Leitung. Das Instrument, von dem nebenstehend eine Abbildung gegeben ist, entspricht den gehegten Erwartungen in vollstem Maße. Zuerst war es in Paris aufgestellt, aber der dunstige Himmel und die nächtliche Erleuchtung dieser großen Stadt gestatteten nicht die Entfaltung seiner vollen Kraft. Man hat es daher nach Marseille gebracht und der Obhut des Astronomen Stephan übergeben, der mit demselben bereits eine Anzahl neuer Nebelflecke entdeckte. Ein noch größeres Spiegelteleskop, welches später für Paris angefertigt wurde und dessen Montierung vorzüglich ist, hat jedoch in bezug auf den optischen Teil, d. h. die Gestalt des Spiegels nicht befriedigt und kann zu wirklichen Beobachtungen nicht gebraucht werden. Dagegen ist es einem Privatmann in Ealing in England, Herrn Common gelungen, ein riesiges Spiegelteleskop von 95 cm Spiegeldurchmesser herzustellen, dessen Leistungsfähigkeit außerordentlich groß ist und mit derjenigen des großen Refraktors zu Washington rivalisiert. Überhaupt haben die Silberspiegelteleskope gegenwärtig ihre größte Verbreitung in England gefunden und dort hat man sie in der That zu großer Leistungsfähigkeit vervollkommt. Ein Nachteil dieser Instrumente, der selbst durch den billigen Preis nicht aufgewogen wird, ist ihre geringe Dauerhaftigkeit. Selbst bei größter Vorsicht verlieren die Spiegel im Laufe von ein paar Jahren ihre ursprüngliche Reflexionsfähigkeit und werden matt und fleckig; eine neue Versilberung ist zwar, wie schon bemerkt, nicht schwierig, aber immerhin doch umständlich, und endlich sind alle Spiegel sehr empfindlich gegen Temperaturdifferenzen und geben unruhige, mangelhafte Bilder in Luftzuständen, bei denen ein Refraktor noch scharfe Bilder zeigt.

Teleskopische Kamera obscura des Photoheliographen.

Ich muß nun noch einiger Fernrohre Erwähnung thun, welche dazu dienen, eine Anwendung der Photographie in der Himmelskunde zu ermöglichen. Dieselbe ist besonders für das Studium der Sonnenoberfläche von großer Wichtigkeit geworden und man hat eigne Apparate, sogenannte Photoheliographen konstruiert, welche zu regelmäßigen photographischen Aufnahmen der Sonnenscheibe dienen. Der Leser sieht einen solchen Apparat, der auf der Sternwarte zu Wilna funktioniert, in seinen zur Aufstellung dienenden Teilen hier vor sich. BA ist ein Teil des Fernrohres, welches durch zwei Metallringe K und L an der Achse G befestigt ist. Diese ihrerseits ist mit dem Deklinationskreise EF unverrückbar verbunden, so daß das Fernrohr auf jede beliebige Deklination eingestellt werden kann. ZU ist der Stundenkreis, der an der polaren Achse S durch eine Scheibe befestigt werden kann. MD umhüllt ein Uhrwerk, welches durch gezahnte Räderdie Schraube ohne Ende g bewegt, die in die Zahnung an der Peripherie des Stundenkreises eingreift. Wenn das Uhrwerk im Gange ist,

kann man, ohne dasselbe zu unterbrechen, das Fernrohr auf ein beliebiges Objekt richten. Die teleskopische Kamera sehen wir in nebenstehender Figur (S. 66), sie wird an das äquatoriale Gestell durch die Ringe KL befestigt. Das Objektiv befindet sich in der kupfernen Röhre D, hat 7,5 cm Durchmesser, 1,25 m Brennweite und ist für die chemischen Strahlen berechnet. Diese Röhre ist an dem Teleskope durch ein Stück E befestigt, an welchem sie verschiebbar ist. Das Bild der Sonne entsteht ungefähr in ba im Brennpunkte des Objektivs und wird dort durch ein Okular vergrößert. Die Kamera A ist von Metall, ungefähr 50 cm lang und hat eine viereckige Kassette von Mahagoniholz, die Platten von 15 cm Stärke tragen kann. Da für die Aufnahme der Sonnenoberfläche die photographische Platte nur etwa $\frac{1}{100}$ Sekunde belichtet werden darf, so befindet sich vor dem Okular eine undurchsichtige Platte, welche einen schmalen Spalt trägt und durch den Faden bc heraufgezogen ist. Ist die präparierte Platte eingeschoben, so wird der Faden bc durchgebrannt, und die Feder a zieht die undurchsichtige Platte samt dem schmalen Spalte sehr rasch durch den Lichtkegel, was zur Aufnahme genügt. Auf die geeignete Dauer der Expositionszeit kommt besonders bei Sonnenbildern außerordentlich viel an; ist dieselbe zu groß genommen, so kommen die dunkeln Flecke nicht zum Vorschein und der Rand wird nicht scharf. Bei zu kurzer Belichtungszeit zeigt sich der Rand schlecht, und man erkennt aus der Helligkeitsverteilung auf dem Bilde deutlich die kugelförmige Gestalt der Sonne. Wir sehen hier die getreue Kopie eines solchen photographischen Bildes vor uns, welches im Oktober 1860 von Salvyn aufgenommen wurde.

Photographisches Sonnenbild.

Schwierigkeiten entgegengesetzter Natur bot der Mond bei der photographischen Aufnahme, weil sein chemisch nur wenig wirksames Licht eine längere Einwirkung auf die photographische Platte erfordert, während welcher Zeit sich das Bild durch die rasche Bewegung des Mondes verschiebt. Um diesem Übelstande zu begegnen, konstruierte Airy ein Äquatorial mit drei Achsen (vgl. S. 68). Das Fernrohr dreht sich hierbei um die Achse C, diese um die Deklinationsachse D, letztere endlich um die Achse E des Stundenkreises. Schöne Photographien erhält man übrigens auch, wenn die Objektive so konstruiert sind, daß der chemische mit dem optischen Brennpunkte zusammenfällt. Warren de la Rue hat Mondphotographien nach bestimmten Zeiträumen aufgenommen, was dieselbe Wirkung hat, als wenn sie von zwei entfernten Stationen aufgenommen worden wären. Bringt man diese Bilder

in ein Stereoskop, so erscheint der Mond in völlig plastischer Gestalt als eine freischwebende Kugel und gewährt einen prachtvollen Anblick. Auch Fixsterne hat man photographiert, ja ganze Sterngruppen. Indessen würde die Anwendung der Photographie in der Himmelskunde doch stets nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben, wenn nicht das sogenannte Trockenverfahren unter Anwendung der Bromsilber-Gelatine-Emulsion erfunden worden wäre (1873), wobei die Platten eine früher nie gehoffte Lichtempfindlichkeit erhalten. Hiermit kann der Vogel im Fluge photographiert werden und die photographische Aufnahme des Mondes selbst an einem kleinen Fernrohre schon in weniger als einer Sekunde erfolgen. Bringt man nämlich eine Kassette mit der Trockenplatte im Brennpunkte eines stillstehenden Fernrohres an, das man mittels des Suchers auf den Mond gerichtet hat, so braucht man bloß die Kappe des Fernrohrs abzunehmen und rasch wieder aufzusetzen, um durch diese kurze Belichtung schon ein Bild des Mondes mit zahlreichem Detail zu erhalten. Draper und Common haben mit Hilfe der Gelatine-Platten sogar den Orionnebel photographiert. Janssen in Meudon bei Paris hat den hellen Junikometen von 1881 aufgenommen und Gill auf der Kapsternwarte den Septemberkometen von 1882. Das Verfahren hierbei war äußerst einfach. Eine gewöhnliche photographische Kamera mit einem Linsensystem von 6 cm im Durchmesser wurde an einem Äquatorial befestigt, und zwar an dem Ende der Achse, an welchem sich das Gegengewicht befindet. Das Instrument wurde dann auf den Kometen gerichtet und demselben ununterbrochen nachgedreht. Nach einer Exposition von 30 bis 140 Minuten waren die photographischen Eindrücke hinreichend stark. Auf den fertigen Platten zeigen sich Sterne 9. Größe, und es ist damit die Möglichkeit erwiesen, auf photographischem Wege ganze Sternkarten herzustellen. Es ist klar, daß sich die Astronomie noch sehr viel von der vervollkommneten Photographie versprechen darf und die Ausbildung der Beobachtungsmethoden und Instrumente sofort die herrlichsten Früchte trägt.

Airysches Äquatorial mit drei Achsen.

Das Spektroskop.

R. W. Bunsen. G. Kirchhoff. W. Huggins.

Wenn nun aber auch das Fernrohr und die ihm zu Hilfe kommende Photographie den Blick des Menschen in die Tiefen des Weltraumes auf ungeahnte Weise erweiterten, so vermögen sie uns nur die äußeren Gestalten der Himmelskörper zu zeigen und bleiben stumm bei allen Fragen nach der stofflichen Qualität, nach der chemischen Zusammensetzung dieser letzteren. Aber, ist es nicht auch vermessen, die stoffliche Zusammensetzung von Körpern ergründen zu wollen, die unsrer Berührung ewig unerreichbar, viele Millionen Meilen von unsrer Erde entfernt, im weiten Weltraume sich befinden? Bis zum Jahre 1859 war dies allerdings der Fall, und alle Forschungen über die Stoffverschiedenheit der Himmelskörper mußten aussichtslos erscheinen. Von jener Zeit ab änderte sich jedoch die Sache und zwar durch die genialen Arbeiten der beiden Heidelberger Professoren Kirchhoff und Bunsen. Beide sind die Schöpfer eines ganz neuen Zweiges der Wissenschaft, nämlich der prismatischen Lichtanalyse, und sie haben mit dem Spektroskop der beobachtenden Naturwissenschaft ein neues Instrument zugeführt, das schon heute, wo es noch lange nicht seine höchste Vollendung erhalten, die großartigsten Ergebnisse geliefert hat. Mittels dieses Instruments ist der Beobachter imstande, die stoffliche Zusammensetzung eines Körpers zu erkennen, den seine Hände nie berührten und der hunderttausend oder eine Million oder hunderttausend Millionen Meilen von ihm entfernt ist.

Suchen wir uns jetzt mit diesem merkwürdigen Instrumente näher bekannt zu machen. Zu solchem Zwecke müssen wir zunächst etwas genauer auf die Lehre

vom Lichte eingehen. — Das weiße Licht, welches uns die Sonne zusendet, ist keineswegs, wie man jahrhundertelang geglaubt hat, einfach, sondern aus einer Menge von Strahlen der verschiedensten Farben zusammengesetzt. Der große englische Naturforscher Newton bewies dies zuerst um das Jahr 1675, als er einen Strahl weißen Sonnenlichtes durch ein dreikantig geschliffenes Glas, ein sogenanntes Prisma, hindurchgehen ließ. Man kann den Versuch leicht nachmachen, indem man, wie die nachstehende Figur zeigt, in einem dunklen Zimmer durch einen schmalen Spalt des Fensterladens Licht auf ein Prisma fallen läßt und hinter diesem einen mit weißem Papier überspannten Schirm aufstellt. Man erblickt jetzt auf diesem Schirme, und zwar nicht dem Spalte gegenüber, sondern mehr oder weniger seitlich davon, ein langes, mit allen Regenbogenfarben geschmücktes Band, welches Spektrum genannt wird. Die Reihenfolge der Farben des Spektrums ist stets dieselbe und zwar von dem, gegenüber dem Spalte liegenden Punkt an gerechnet: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett.

Zerlegung des Sonnenlichtes durch das Prisma.

Zahllose Menschen haben den Newtonschen Versuch nachgemacht und sich an dem herrlichen, strahlenden Farbenbande erfreut, ohne zu ahnen, welch wichtiges Geheimnis in ihm verborgen lag und der Enthüllung harrte. Erst der Engländer Wollaston kam auf die Spur desselben, als er im Jahre 1802 einen sehr feinen Spalt zur Hervorbringung des Spektrums benutzte und dabei erkannte, daß letzteres von mehreren dunklen Querlinien durchzogen ist. Newton hatte diese Linien nicht sehen können, weil er ein rundes Loch benutzte, durch welches das Sonnenlicht fiel und auf diese Weise ein sogenanntes unreines Spektrum gab. Bis auf Wollaston hatten alle seine Nachfolger ebenso operiert und deshalb mit dem gleichen Erfolge. Sie sehen aus diesem Beispiele, wie wichtig bei Experimentaluntersuchungen das ist, was man Variieren des Experiments nennt. Wollaston hatte also dunkle Querlinien im Spektrum erkannt und da sie zufällig nahe an den Übergangsgrenzen je zweier Hauptfarben auftraten, so glaubte er, daß sie wirklich diese Farben trennten und untersuchte sie nicht weiter. Zwölf Jahre später (1818) beschäftigte sich der uns bereits bekannte große Optiker Fraunhofer in München genauer mit dem Studium des Sonnenspektrums. Auch er fand die dunklen Streifen, und da er ein besseres

Instrument sowie eine geeignetere Methode als Wollaston anwandte, so sah er eine weit größere Anzahl derselben als dieser und maß im ganzen die genaue Lage von 576 dunklen Spektrallinien. Die dunkelsten bezeichnete er, vom Rot anfangend, mit den Buchstaben A bis H.

Die nebenstehende Figur ist eine getreue Kopie der Zeichnung, welche Fraunhofer anfertigte. Wir sehen die einzelnen Spektrallinien in ihren gegenseitigen Lagen und darüber die Benennungen derselben nach den großen Anfangsbuchstaben des Alphabets. Es ist wichtig sich diese Linien einigermaßen einzuprägen, wenigstens mit Bezug auf deren Lage in den verschiedenen Farbenregionen des Spektrums. So liegen z. B. die Linien A, B und fast auch C im Rot, D im Gelb und zwar ist D eine Doppellinie, die aus zwei sehr nahe bei einander liegenden feinen Linien besteht, E liegt im Grün, F im Blau, G im Violett und H erscheint schon so weit am Ende des sichtbaren prismatischen Spektrums, daß sie in kleinen Spektroskopen kaum mehr gesehen wird. Wer ein solches kleines Spektroskop besitzt, wird Schwierigkeiten finden die Hauptlinie in der Nähe des violetten und roten Endes des Spektrums zu sehen, dieselbe tritt jedoch sogleich deutlicher hervor, wenn man das Speptroskop direkt oder nahezu auf die Sonne richtet.

Wie bekannt, entsteht der Eindruck des Lichtes in unserm Auge infolge der wellenförmigen Schwingungen eines außerordentlich feinen Mediums, dem man den Namen Lichtäther gegeben hat. Diese Schwingungen sind ungemein rasch und die Länge der einzelnen Lichtwellen ist außerordentlich

klein. Nichtsdestoweniger hat die Physik Mittel gefunden diese Wellenlängen zu bestimmen und es ergab sich, daß die Wellenlänge des äußersten roten Lichtes, welches das Auge noch wahrnimmt, ungefähr 700 Milliontel eines Millimeters beträgt, die Wellenlänge des äußersten noch sichtbaren violetten Lichtes ungefähr 400 Milliontel eines Millimeters. Jeder farbige Strahl des Spektrums hat eine bestimmte Wellenlänge und man kann daher auch irgend eine helle oder dunkle Linie des Spektrums dadurch bezeichnen, daß man angibt, welche Wellenlänge des Lichtes ihr entspricht. So beträgt z. B. die Wellenlänge des der Linie E entsprechenden Lichtes 527 Milliontel Millimeter. Ich hebe dieses hier besonders hervor, weil wir später hören werden, daß die Lage der Linien in den Spektren der Himmelskörper meist nicht durch ihre größere oder geringere Nähe bei bekannten Fraunhoferschen Linien, sondern nur durch die Wellenlänge angegeben wird. Um nun ungefähr zu zeigen, wie in solchen Fällen die Lage der betreffende Linie im prismatischen Sonnenspektrum ist, gebe ich hier ein Verzeichnis der Wellenlängen der hauptsächlichsten Fraunhoferschen Linien nach den besten jetzt vorhandenen Messungen:

Bezeichnung der Fraunhoferschen Linien.	Wellenlänge in Millionteln eines Millimeters.	Bezeichnung der Fraunhoferschen Linien.	Wellenlänge in Millionteln eines Millimeters.	Bezeichnung der Fraunhoferschen Linien.	Wellenlänge in Millionteln eines Millimeters.
A	760.0	E	527.0	G	430.7
B	686.7	b_1	518.3	h	410.1
C	656.2	b_2	517.2	H_1	396.8
D_1	589.6	b_4	516.7	H_2	393.3
D_2	588.9	F	486.0		

Wenden wir uns jetzt wieder zu dem von Fraunhofer dargestelltem prismatischen Sonnenspektrum (S. 71) so sehen wir über demselben eine krumme Linie gezeichnet. Diese soll die verhältnismäßige Helligkeit der einzelnen Teile des Spektrums andeuten; je höher sie sich erhebt, um so glänzender ist die darunter befindliche Partie des Spektrums. Dies findet für den gelben Teil statt, wie bekanntlich der einfachste Versuch zeigt. Fraunhofer blieb übrigens nicht dabei stehen, bloß die Lage der dunklen Linien des Sonnenspektrums aufzuzeichnen; er untersuchte auch die Spektra verschiedener Sterne, des elektrischen Lichtes u. s. w.; ja, er fand sogar, daß das Licht des äußeren Flammenmantels einer Kerze ein Spektrum gibt, welches nur aus einer hellen gelben Doppellinie besteht, die bezüglich ihrer Lage genau mit einer dunklen Doppellinie im Sonnenspektrum zusammenfällt. Nach Fraunhofer haben Sir John Herschel, Talbot, W. A. Miller, Plücker und viele andre sich genauer mit den Spektren verschiedener leuchtender Körper beschäftigt, jedoch über die Natur, die Entstehungsweise und Bedeutung der Fraunhoferschen Linien kam man nicht zu klarer Einsicht. Letztere zu erzielen blieb vielmehr den beiden Naturforschern Kirchhoff und Bunsen vorbehalten. Kirchhoff untersuchte das Zusammenfallen der hellen gelben Doppellinie, welche entsteht, wenn man Natriumsalze in die Flamme bringt, deren Spektrum man

untersucht, mit der dunklen Doppellinie des Sonnenspektrums. Er entwarf zu diesem Zwecke ein mäßig helles Sonnenspektrum und brachte dann vor den Spalt des Apparates eine Natriumflamme. Hierbei sah er die dunklen D-Linien sich in helle verwandeln. Um zu finden, wie weit die Lichtstärke des Sonnenspektrums sich steigern ließe, ohne daß die Natriumlinien dem Auge entschwinden, ließ er den vollen Sonnenschein durch die Natriumflamme auf den Spalt seines Apparates fallen und sah mit Erstaunen die dunklen Linien D in außerordentlicher Stärke hervortreten. Er ersetzte nun das Licht der Sonne durch Drummond'sches Licht, dessen Spektrum, wie das aller glühenden festen oder flüssigen Körper, keine dunklen Linien hat. Wurde dieses Licht durch eine geeignete Kochsalzflamme geleitet, so zeigten sich in dem Spektrum dunkle Linien an den Orten der Natriumlinien. Kirchhoff erklärte diese Thatsache durch die Annahme, daß eine Natriumflamme eine Absorption ausübt auf die Strahlen von der Brechbarkeit derer, die sie selbst aussendet, für alle andern aber ganz durchsichtig ist. Was für eine Natriumflamme gilt, gilt natürlich auch für eine Lithiumflamme oder für eine solche, in der Eisen in glühenden Dampf verwandelt wird, kurz, Kirchhoff kam im Verfolge seiner Untersuchungen zu dem wichtigen Satze, daß das Verhältnis zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen einer und derselben Strahlengattung für alle Körper bei gleicher Temperatur das gleiche ist. Ein glühendes Gas absorbiert also nur die Strahlen, welche es selbst aussendet, und übt auf farbige Strahlen eine um so stärkere Absorption, je größer die Helligkeit dieser Farben in seinem eignen Spektrum ist. Von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet war es nun zunächst wichtig, für eine größere Anzahl von Metallen die Lage der hellen Linien ihrer Spektren genau zu bestimmen und ebenso neue, möglichst genaue und zahlreiche Bestimmungen der dunklen Linien des Sonnenspektrums auszuführen, um beide miteinander vergleichen zu können. Ich kann mich hier nicht dabei aufhalten, eingehender über die Versuche und Untersuchungen Kirchhoffs und seiner Nachfolger zu berichten, da ich hierzu mehr Zeit aufwenden müßte, als für jetzt möglich ist; auch wollen wir uns ja nicht speziell mit der Spektralanalyse beschäftigen, sondern nur so viel davon kennen lernen, als zum Verständnis ihrer Anwendung auf die Himmelskunde notwendig ist. Ich will daher nur bemerken, daß sich herausgestellt hat, wie eine große Anzahl von dunklen Linien des Sonnenspektrums bezüglich ihrer Lage genau übereinstimmt mit hellen Linien

Kirchhoffs Spektroskop.

des Wasserstoffs, des Natriums, Eisens u. s. w. und wie diese Uebereinstimmung zu dem Schlusse führt, daß jene Stoffe im Zustande glühender Dämpfe in der Sonnenatmosphäre vorhanden sind. Das Instrument, Spektroskop, dessen sich Kirchhoff zu seinen Untersuchungen über das Sonnenspektrum bediente, ist S. 73 abgebildet. Das Rohr A trägt an seinem der Sonne zugewandten Ende eine Platte mit einem Spalte, dessen Breite durch eine Schraubenvorrichtung beliebig verändert werden kann. Die Strahlen, welche dort eintreten, durchlaufen das Rohr und treffen auf das erste Prisma. Hier werden sie gebrochen und gelangen in das zweite Prisma, welches sie abermals bricht und dem dritten zusendet, von wo sie auf das vierte und von hier aus endlich sehr stark divergierend in das Fernrohr B treten, an dessen Okular sich das Auge des Beobachters befindet. Mittels der Mikrometerschraube R kann das Fernrohr gedreht und genau auf jede beliebige dunkle Linie eingestellt werden. Ein besonderes kleines Prisma, das sog. Reflexionsprisma, befindet sich vor dem Spalte und bedeckt dessen untere Hälfte. Es dient dazu, das Licht einer bekannten, seitwärts angebrachten Lichtquelle auf die Prismen zu werfen und in das Fernrohr zu senden, während das Licht der zu untersuchenden Lichtquelle durch die obere Hälfte des Spaltes eindringt und denselben Weg macht. Beide Spektren erscheinen demnach dem Beobachter übereinander liegend und können unmittelbar miteinander verglichen werden. Es ist klar, daß das Spektrum um so länger wird und also auch um so mehr Linien getrennt erscheinen, je größer die Anzahl der Prismen ist, durch welche die Divergenz des Lichtsstrahls hervorgerufen wird. John Browning hat zuerst ein Spektroskop konstruiert, welches aus neun kreisförmig gestellten Prismen besteht, wie wir in obenstehender Figur sehen. A ist das Rohr, durch welches die parallelen Strahlen auf das erste Prisma fallen, B ist das mit starker Vergrößerung versehene Beobachtungsfernrohr. Das Licht erleidet bei dem Durchgange durch so viele Prismen und bei seiner Ausbreitung auf einer großen Fläche natürlich eine sehr starke Schwächung und die ursprüngliche Lichtquelle muß deshalb sehr intensiv sein, wenn man ein Spektroskop mit so vielen Prismen anwenden will.

Gang der Lichtstrahlen durch die Prismen im Browningschen Spektroskop zu Kew.

Es ist einleuchtend, daß ein Spektroskop, bei welchem der austretende Lichtstrahl mit dem eintretenden einen mehr oder weniger großen Winkel macht, für den Gebrauch bei der Untersuchung sehr unbequem ist. Man hat daher schon bald versucht, geradsichtige Spektroskope zu konstruieren. Durch geeignete Kombination von zwei Flint- und drei Crownglasprismen hat Hofmann in Paris

ein Spektroskop à vision directe konstruiert, welches bei großer Einfachheit vielen Anforderungen genügt. Untenstehende Abbildung gibt eine Ansicht desselben und seiner Einrichtung; dasselbe dient übrigens in der abgebildeten Form zu Versuchen im Laboratorium oder zur Beobachtung der sogenannten Regenlinien im Sonnenspektrum. Zu astronomischen Untersuchungen der Sonne, der Planeten und Fixsterne muß das Spektroskop im allgemeinen mit einem Fernrohr in Verbindung gebracht werden, und zwar in der Weise, daß das Bild des zu beobachtenden Gegenstandes, welches von dem Objektiv erzeugt wird, genau auf den Spalt fällt. Daß man zu diesem Zwecke und behufs genauerer und bequemerer Beobachtung, mit dem ursprünglichen terrestrischen Spektroskope vielfache Abänderungen vornehmen mußte, bedarf keines Wortes. Zu seinen zahlreichen spektroskopischen Beobachtungen der Sonne benutzte Pater Secchi in Rom meist ein Spektroskop, dessen Einrichtung die Abbildung auf Seite 76 zeigt. Das Kollimatorrohr BU wird mittels der Schraubenmutter OO' am großen Refraktor an Stelle des Okulars befestigt. Bei F befindet sich der Spalt mit dem Reflexprisma und bei K eine Linse, welche ein vergrößertes Bild erzeugt, das genau in die Ebene des Spaltes fällt. Von hier fallen die Strahlen auf das Prisma D, welches sie nach C wirft, von wo sie in das Rohr EH treten, welches nochmals ein Prismensystem à vision directe enthält, wodurch die gesamte Dispersion des Instruments verdoppelt wird. Von hier endlich gelangen die Strahlen in das Beobachtungsfernrohr HL. Das Reflexprisma F enthält sein zur Vergleichung über die Lage der Linien dienendes Licht von einer bei M angebrachten Lichtquelle. Als solche dient in den meisten Fällen das Licht der Geißlerschen Röhren oder des elektrischen Funkens, den man zwischen zwei vor M befindlichen, mit einem bekannten Körper überzogenen Platindrähten überspringen läßt. Um die Lage der Linien in den sehr lichtschwachen Spektren der Fixsterne und Nebelflecke bestimmen zu können, dient der Kollimator G, welcher

Spektroskop von Hofmann.

einen sehr feinen Spalt besitzt, der, durch eine kleine Lampe erleuchtet, eine helle Lichtlinie erzeugt, deren Bild an der letzten Grenzfläche des dem Beobachter nächsten Prisma bei H reflektiert wird und ins Fernrohr gelangt. Hier dient diese Linie nun als feste Marke, auf welche bei der Messung die Lage der Spektrallinien bezogen wird.

Bei Beobachtung der Sonne kann man sich in Folge des sehr intensiven Lichtes derselben stark zerstreuender Spektroskope bedienen, also solcher bei denen der Lichtstrahl mit Hilfe einer größeren Anzahl von Prismen in ein sehr langes Farbenband zerlegt wird. Handelt es sich dagegen um das schwache Licht der Planeten, der Fixsterne oder gar der Kometen und Nebelflecke, so kann man in sehr vielen Fällen die Zerlegung des Lichtes nicht weit treiben, weil das Spektrum sonst zu schwach wird. Man bedient sich dann mit gutem Erfolge des sogenannten Sternspektroskops. Dasselbe besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einer Sammellinse, hinter der einige Prismen à vision directe angebracht sind, auf welche dann eine sogenannte Cylinderlinse folgt. Letztere dient dazu das punktförmige Bild eines Sternes in ein schmales, fadenförmiges Spektrum zu verwandeln. Dieses Spektroskop wird an die Okularröhre des Fernrohres angeschraubt, nachdem man das Okular selbst entfernt hat. Natürlich ist das Farbenband, in welches ein solches Spektroskop das Bild eines Sternes verbreitert nur schmal, und wer die Spektra der Sterne nur aus Abbildungen kennt, wundert sich gewöhnlich sehr über die geringe Ausbildung des Spektrums, wenn er zum erstenmale ein solches wirklich am Fernrohre beobachten kann. — Wie weit aber auch der Mensch in die Tiefen des Weltraums vorzudringen vermag, so wird es ihm doch nimmer vergönnt sein, alles Licht von dort her in ein Bündel zusammenzufassen und in sein Auge zu versenken. Darum habe ich im voraus gesagt, daß der Lichtstrahl nicht der alleinige Träger und Bote durch den Himmelsraum sein kann, und daß, wenn das Licht uns seinen Dienst versagt, der Gedanke an seine Stelle treten muß. Wie er den Lichtstrahl zu überflügeln und nächtliche Tiefen zu erhellen vermag, davon will ich in der Folge eine Anschauung geben.

Spektroskop am Fernrohr.

Alte indische Sternwarte bei Delhi.

Fünftes Kapitel.

Die tägliche Bewegung des Himmels.

> Daß du nicht enden kannst, das ist dein Los,
> Und daß du nie beginnst, das macht dich groß.
> Dein Lied ist drehend wie das Sterngewölbe:
> Anfang und Ende immerfort dasselbe,
> Und was die Mitte bringt, ist offenbar
> Das, was zu Ende bleibt und anfangs war.

Eine Sternwarte ist gerade nicht der Ort, den man mit einem Besuche von wenigen Stunden abfertigen kann. Da gibt es zahlreiche Instrumente mit sehr künstlichen Einrichtungen zu betrachten, und jedes Instrument hat irgend etwas zu erzählen, jedes irgend eine Überraschung bei der Hand. Hat man nun vollends Kunde erhalten von der lichtschöpferischen Zauberkraft der Teleskope, so kann man sich den Wunsch nicht versagen, auch von den Leistungen der wunderbaren Instrumente etwas zu erfahren, mit denen man sie hier verbunden sieht, und an denen sie gleichsam die Fühlhörner abgeben.

Von der Kunst des Sehens habe ich schon gesprochen und gleichzeitig haben wir auch die Schwierigkeiten desselben kennen gelernt. Trotz aller staunenswerten Leistungen der Fernrohre hatte ich doch schließlich gezeigt, daß der Licht-

strahl nicht ausreicht, um die Geheimnisse des Himmels zu ergründen. Deutlicher und reicher zwar gestaltet sich das Bild des Himmels dem bewaffneten Auge; aber immer bleibt es ein Bild, welches zu entzaubern, zu beleben, allein der Gedanke berufen ist. Das soll nun zunächst unsre Aufgabe sein.

Ich habe schon gesagt, daß der Sternhimmel eigentlich als eine Karte zu betrachten sei, von der unsre Sternkarten mehr oder minder treue Kopien liefern. Kaum einer Landschaft, sagte ich, ist dieser Himmel im eigentlichen Sinne zu vergleichen; denn es fehlt ihm jede Perspektive, es fehlen ihm die Schlagschatten und Farbentöne, durch welche sich die Gegenstände einer Landschaft vom Hintergrunde abheben; man müßte denn jene schimmernden Lichtnebel, welche das Teleskop aus den Tiefen der Himmelsnacht heraufzaubert, als Hintergrund auffassen. Den Alten galt der Himmel als ein festes Kristallgewölbe, an dessen innerer Fläche die Sterne gleich Nägeln befestigt wären, und es gehörte schon die philosophische Anschauung eines Aristoteles dazu, acht solcher Himmelssphären übereinander zu erblicken. Dem Auge, selbst dem bewaffneten, ist der Himmel noch heute ein solches Gewölbe, eine bemalte, schimmernde Fläche. Wer also reisen will in jenen Regionen, der muß sich über die Anschauung erheben, der muß an die Stelle seines leiblichen Auges ein geistiges setzen. Wäre ich Philosoph, so würde ich sagen: der Begriff des Reisens hebt den Begriff der Fläche, des landschaftlichen Bildes auf, und dieses Aufheben des Begriffs geschieht durch Veränderungen in den Verhältnissen des Bildes, durch ein Auseinanderfließen des Hintergrundes und ein Hervortreten einzelner Punkte desselben, mit einem Worte, durch Bewegung.

Bewegung werde ich am Himmel zeigen, darauf läuft alles hinaus. Bewegung soll uns die Perspektive und die Schatten des Bildes ersetzen und die Wirklichkeit erraten lassen, die hinter der bemalten Fläche sich birgt. Wir sehen, daß hier der Punkt ist, wo der Gedanke in sein Recht tritt, und daß der Gedanke allein die wirkliche Himmelswelt aufbaut, während das Licht nur den Pinsel leiht für ein Gemälde der Welt. Um alle die verschiedenen Bewegungen am Himmel zu erkennen, dazu bedurfte es jahrtausendelanger Beobachtungen, und um selbst die alltäglichsten und dem blödesten Auge sich aufdrängenden Bewegungen in ihrem eigentlichen Wesen zu erkennen und von jedem täuschenden Scheine zu befreien, dazu mußten die größten Geister der Menschheit aufstehen und den gefährlichsten aller Kämpfe, den Kampf des Gedankes gegen die vermessene und trotzige Blindheit der Sinne vollführen. Daß uns dieser Kampf nicht so schwer werden wird, liegt teils daran, daß wir uns der absoluten Herrschaft der Sinne bereits auf andern Gebieten entzogen haben, teils aber auch an der Vortrefflichkeit der Waffen, die uns die Wissenschaft bietet. Was wir aber heute vorhaben, ist mit einem Worte, beobachten zu lernen, wie wir neulich sehen gelernt haben.

Blicken wir zunächst einmal durch dieses feststehende Fernrohr und lassen wir unser Auge 2 bis 3 Minuten daran verweilen. Der Fixstern, den wir jetzt in der Mitte seines Sehfeldes erblicken, wird sich mehr und mehr dem Rande nähern

und endlich ganz entschwinden. Was uns hier einige Minuten zeigen, das hat man freilich längst und alltäglich durch aufmerksame Betrachtung des Himmelsgewölbes erfahren. Jene strahlende Capella dort tief im Nordosten wird in wenigen Stunden hoch am östlichen Himmel heraufgerückt sein und gegen Morgen fast gerade über unsern Köpfen nahe dem Scheitelpunkt des Himmels, dem Zenith, stehen. Das bekannte Gestirn des großen Bären, das jetzt seine Schwanzsterne fast gegen den Horizont herabsenkt, wird bald diese Sterne nach Osten kehren und am Morgen hoch gegen den Zenith emporstrecken. Dieses Gestirn scheint also täglich einen Kreislauf am Himmel zu vollenden und zwar um einen Punkt, der durch den uns bereits bekannten Polarstern angedeutet wird. Denn wir finden, daß zu jeder Zeit und in allen vorkommenden Stellungen des Gestirns die Linie, welche wir durch die beiden Hinterräder des großen Wagens ziehen, die man oft schlechthin als die Richtsterne bezeichnet, auf jenen Polarstern wie auf einen unverrückbaren Punkt hinweist. Ähnliche Kreisbewegungen können wir aber auch bei allen Sternen, die sich innerhalb eines Abstandes von etwa 52° vom Polarstern befinden, beobachten, und ich kann im voraus mitteilen, daß diese Bewegungen nicht eigentlich genau in 24 Stunden, sondern in 23 Stunden 56 Minuten 4 Sekunden vollendet werden.

Umgebung des nördlichen Himmelspols.

Wenden wir jetzt unsre Aufmerksamkeit einer andern Gegend des Himmels zu! Dort im Südosten geht soeben der glänzende Stern des südlichen Fisches, der Fomalhaut auf. Wir brauchten nur fünf Stunden der Nacht darauf zu verwenden, um seinen ganzen Lauf zu verfolgen. Wir werden ihn nur wenige Grade über den Horizont sich erheben und endlich nach Vollendung seines flachen Bogens im Südosten wieder verschwinden sehen. Andre Sterne, wie die gleichfalls soeben im Aufgang begriffenen Plejaden dort im Nordosten, werden wir bedeutendere und

höhere Bogen am Himmel beschreiben, die Plejaden z. B. in einer der unsrer Julisonne ähnlichen Bahn nach etwa 18 Stunden zum Horizont niedersteigen sehen.

Ich wollte, wir könnten uns in diesem Augenblick nach Borneo oder auf die Galapagosinseln oder nach Quito in Südamerika, oder an sonst einen Punkt in der Nähe des Äquators versetzen. Der Himmel würde uns dort ein ganz andres Schauspiel darbieten. Eine Menge uns bisher völlig unbekannter Sterne und Sternbilder würde uns erscheinen. Den Polarstern würden wir nicht mehr hoch am Himmel wie bei uns, sondern nahe am Horizont erblicken und den großen Bären als auf- und untergehendes Gestirn kennen lernen. Denn sämtliche Sterne gehen dort auf und unter, und alle verweilen fast die gleiche Zeit von zwölf Stunden über dem Horizonte. Die genau im Osten aufgehenden Gestirne steigen zum Zenith hinauf, alle übrigen beschreiben um so kleinere Kreisbogen und bewegen sich um so langsamer über das Himmelszelt hin, je näher dem Nord- oder Südpunkt sie auftauchen. Wiederum anders würde uns das Himmelsschauspiel auf Vandiemensland oder in Buenos-Ayres erscheinen. Dort würden wir weder den Polarstern noch den großen Bären erblicken. Dafür aber würden Sie den Südpol hoch am Himmel finden, umkreist von den prachtvollen Gestirnen des südlichen Kreuzes und des Centauren. Könnten wir endlich uns an den Nordpol versetzen, so würden wir keine Sterne mehr auf- und untergehen sehen, sondern in ewiger Monotonie würde das ganze himmlische Heer unausgesetzt in je 24 Stunden parallel dem Horizonte den Himmel umkreisen.

Wenn wir alle diese Bewegungserscheinungen des Himmels zusammenfassen, so müssen wir zu dem Schlusse gelangen, daß anscheinend das ganze Himmelsgewölbe sich täglich rings um die Erde dreht. Daß diese Drehung eine gemeinsame und nicht etwa eine jedem Sterne eigentümliche ist, davon muß uns schon die leicht zu verschaffende Beobachtung überzeugen, daß wir von unserm Zimmer aus denselben Stern heute wie vor Jahren stets an demselben Punkte des Horizontes, hinter demselben Baume, derselben Mauer aufgehen sehen. Einen noch bestimmtern Beweis aber würden wir erlangen, wenn wir mit Hilfe eines einfachen Winkelinstrumentes, etwa zweier um einen gemeinsamen Mittelpunkt drehbarer und durch einen geteilten Kreisbogen verbundener Fernrohre, versuchten, zu verschiedenen Tagesstunden den Winkel zu messen, welchen zwei mehr oder weniger voneinander entfernte Sterne für unser Auge bilden. Wir würden finden, daß dieser Winkel stets unverändert bleibt, was doch nur der Fall sein kann, wenn wir als Beobachter im Mittelpunkte der sich drehenden Kugelschale stehen, an welcher jene Sterne befestigt sind. Aber noch mehr! Schon ein Astronom der Vorzeit, Hipparch auf Rhodus, hat 120 Jahre vor unsrer Zeitrechnung die gegenseitigen Winkelabstände von 126 Sternen gemessen, und das Bild des Himmels, das er aus jenen Messungen für seine Zeit entwarf, ist genau dasselbe, welches wir noch heute erblicken. Wir sehen, daß die Alten gar nicht unrecht hatten, von Fixsternen zu reden. So sehr aber auch diese Thatsache auf den ersten Blick mit unsrer gewonnenen Vorstellung von einer gemeinsamen Drehung des Sternhimmels übereinstimmt, so könnte doch einer denkenden Betrachtung

gerade ein Widerspruch darin zu liegen scheinen. Die Beobachtungen Hipparchs wurden in Alexandrien gemacht, also in einer bedeutenden Entfernung von unserm heutigen Standort. Eine solche Entfernung, sollte man meinen, könnte doch nicht ganz ohne Einfluß auf die Messung von Winkelabständen bleiben, es wäre denn, daß die Unsicherheit der Messung größer wäre, als die sich ergebenden Unterschiede. Wir wollen nun aufs Geratewohl annehmen, zwei verschiedene Beobachtungsorte seien um 1000 Meilen voneinander entfernt, und die äußerste Grenze der Genauigkeit, welche bei einer Winkelmessung erreicht werden könne, betrage gerade noch eine Bogensekunde. Nun sei der Winkelabstand irgend zweier Sterne an dem einen Orte zu 15°, also 54 000 Sekunden gefunden. Betragen jene 1000 Meilen genau den 54 000sten Teil der geradlinigen Entfernung der Sterne von diesem Beobachtungsorte, so müßten die Sterne vom zweiten Beobachtungsorte allerdings unter einem um eine Sekunde kleineren Winkel erscheinen. Geschieht dies aber nicht, so geht daraus offenbar hervor, daß 1000 Meilen noch nicht den 54 000sten Teil des Abstandes der Sterne ausmachen, d. h. daß sie also mehr als 45 Millionen Meilen von der Erde entfernt sind. Wir sehen zugleich, in wie innigem Zusammenhange die Genauigkeit der Winkelmessung mit der Kenntnis von den Entfernungen der Fixsterne steht, und wir begreifen daher, wie die Sterne in dem Maße weiter in den Himmelsraum hinausgerückt werden mußten, als die Genauigkeit der Meßinstrumente zunahm.

Astronomische Einteilung des Himmelsgewölbes.

Z Zenith. HR Horizont. N Nordpol. AQ Äquator. ZO Zenithdistanz. DO Höhe des Sternes. ODR Azimut. NO Poldistanz. CO Deklination des Sternes.

Ich brauche wohl nicht erst daran zu erinnern, daß diese Bewegung in der That nur eine scheinbare, durch die tägliche Achsendrehung unsrer Erde bewirkte ist. Wir sind mit dieser Vorstellung bereits von Jugend auf vertraut, und es bedarf für uns nicht mehr des Hinweises auf die ungeheuern Entfernungen jener Fixsterne und die schwindelnde Geschwindigkeit, die durch eine tägliche Bewegung derselben um unsre Erde bedingt wäre. Hielten wir auch nur jene Grenze fest, welche wir uns vorhin durch die Vergleichung der Hipparchschen Beobachtungen mit unsern eignen steckten, wollten wir uns die Sterne auch nur in einem

Abstande von 54 Millionen Meilen denken, so würde das schon auf eine Geschwindigkeit von 16 000 Meilen in der Sekunde führen. Wir wissen ja aber bereits recht gut, daß die Schärfe unsrer Beobachtungsmittel die Grenze für den Abstand zahlloser Fixsterne auf mehr als zwei Billionen Meilen hinausgerückt hat, und das würde eine Geschwindigkeit erfordern, mit welcher ein Raum von 145 Millionen Meilen in jeder Sekunde, während jedes Pulsschlages, durchmessen würde, ein so reißender, über alle Vorstellung und alles in der natürlichen Ordnung gewohnte Maß hinausgehender Flug, daß er die himmlischen Welten, und wären sie noch so fest, in Atome zertrümmern müßte. Ich brauche also nicht erst zu sagen, daß trotz jener täglichen Bewegung der Sterne der Himmel für uns noch unbeweglich fest steht.

Das kann uns im Grunde freilich nicht lieb sein zu hören; denn es ist das Geständnis, daß wir noch keinen Schritt unserm Ziele näher gekommen sind. Bewegung wollten wir am Himmel sehen, und nun haben wir die einzige, uns bisher aufgefallene Bewegung als eine bloß scheinbare kennen gelernt. Unsre Reise durch den Himmelsraum ist damit fürs erste auf die tägliche kleine Rundreise um den Umfang unsrer Erde beschränkt. Soll unsre Reise sich ausdehnen, so müssen wir weitere Veränderungen am Himmel, Bewegungen, die, wenn auch noch so wenig, von dieser allgemeinen abweichen, finden lernen. Zu diesem Zwecke aber müssen wir uns in den Besitz von Mitteln setzen, durch welche wir zu jeder Zeit für jeden Stern den Ort aufzufinden vermögen, an welchem er sich, jener allgemeinen Bewegung zufolge, gerade befinden müßte. Wir müssen mit einem Worte zuvor die ordentliche Bewegung jedes Sternes fixieren, um die außerordentliche erkennen zu können.

Wäre die Drehung des Himmels nicht, so wäre es das einfachste, vom Zenith herab, gleich den Rippen einer Glaskuppel, senkrecht auf den Horizont sogenannte Höhenkreise durch die Sterne zu ziehen. Der Abstand eines Sternes vom Zenith, seine Zenithdistanz, oder sein Abstand vom Horizont, seine Höhe, würde in Verbindung mit dem Winkel, welchen sein Höhenkreis mit dem eines andern bekannten Sternes oder sonst eines fest bestimmten Punktes, des Südpunktes z. B., bildete, und den man das Azimut nennt, hinreichen, den Ort des Sternes genau zu bestimmen. Bei der bekannten Drehung des Himmels aber würde diese Ortsbestimmung immer nur für einen Augenblick Gültigkeit haben, das Azimut und die Höhe des Sternes sich beständig ändern. Wir müssen uns also nach einem andern Netze umsehen, das von dieser täglichen Drehung unberührt bleibt.

Der ganze Sternhimmel dreht sich, wie wir gesehen haben, um zwei unverrückbar feste Pole. Jeder Stern beschreibt einen Kreis am Himmel, und alle diese Kreise, die man darum auch Parallelkreise nennt, sind unter sich parallel. Der größte unter ihnen, genau in der Mitte zwischen beiden Polen, der Äquator, teilt das ganze Himmelsgewölbe in zwei gleiche Hälften. Da haben wir schon die erste Anlage zu jenem Netze. Freilich reichen diese Parallelkreise, deren Entfernung vom Pole man die Poldistanz nennt, zu einer Ortsbestimmung der Sterne noch nicht aus; denn die Poldistanz eines Sternes gilt nicht für diesen

Stern allein, sondern für den ganzen Kreis, in dem er sich bewegt. Aber jeder Stern erreicht genau in der Mitte zwischen seinem Auf- und Untergange seinen höchsten Stand am Himmel. Das ist selbstverständlich aus der gemeinsamen Drehung des Ganzen, und ebenso selbstverständlich ist, daß alle diese Höhepunkte der Sterne in einem einzigen größten Kreise liegen, welcher von Pol zu Pol eine Ebene abschneidet, die man die Meridianebene nennt. Einer nach dem andern gelangen alle Sterne bei jedem Umschwunge des Himmels mindestens einmal in diese Linie, den Meridian; man sagt sie kulminieren. Bei der Gleichförmigkeit dieses Umschwunges kann daher die Zeit, welche zwischen dem Meridiandurchgange des einen Sternes und dem eines andern verfließt, sehr bequem zu einer Ortsbestimmung dieser Sterne dienen. Denn der Unterschied der Zeit mißt auch den Winkel, um welchen sich das Himmelsgewölbe inzwischen dreht, mißt also auch den Winkel, welchen die von den Polen durch die beiden Sterne gezogenen größten Kreise untereinander bilden. Diese Kreise aber nennt man die Stundenkreise, die Winkel, welche sie einschließen, die Stundenwinkel. Da ist nun das Netz vollendet: Parallelkreise und Stundenkreise, rechtwinkelig einander kreuzend, an einer Kugelschale gedacht. Durch Poldistanz und Stundenwinkel ist der Ort jedes Sternes am Himmel genau bestimmt. Eins freilich haben wir dabei noch vergessen, die Punkte, von denen wir unsre Zählung beginnen sollen.

Parallelkreise und Stundenkreise.

Der eine Punkt, von dem wir die Abstände der Parallelkreise, die Poldistanzen also, zu zählen haben, ist uns gegeben. Das ist für unsern nördlichen Himmel der Nordpol, wird der Leser sagen und dabei auf den Polarstern deuten, den ich ihn selbst als solchen aufzufassen lehrte. Wie aber, wenn ich bekennen müßte, daß ich mir in dieser Beziehung eine kleine Ungenauigkeit habe zu schulden kommen lassen, wie, wenn der Polarstern nicht wirklich so unabänderlich fest stände, als wir es doch vom Pole verlangen müssen? Thun wir einen Blick durch dieses Fernrohr, so werden wir uns davon überzeugen. Das Fernrohr steht unbeweglich fest, und dennoch wird der Polarstern, der jetzt in der Mitte seines Gesichtsfeldes steht, im Verlaufe einer Stunde etwa daraus verschwunden

sein. Auch er steht also nur in der Nähe des Poles und beschreibt gleich andern Sternen seinen täglichen Kreis um diesen. Der Abstand des Polarsternes vom Pole beträgt etwa $1^1/_2$ Grad. Es gilt also jetzt ein Mittel zu ersinnen, durch welches wir mit Sicherheit den Pol, d. h. den wirklichen, von keinem Sterne bezeichneten, festen Drehpunkt des Himmels bestimmen können.

Wäre der Himmel, wie ihn die alten Astronomen sich dachten, ein festes kristallenes Gewölbe, wäre der Pol also einer jener Zapfen oder Angeln, in welchen die Weltachse sich unaufhörlich drehte, um jene wunderbare Harmonie der Sphären zu erzeugen, die zu vernehmen freilich dem irdischen Ohre nicht vergönnt war; wäre dieser Pol endlich — denn auch das ist eine Vorstellung der alten Weisen — wie bei einem Rade oder einer Drehbank durch eine kleine Nabe bezeichnet, so könnte es für unsre vervollkommneten Instrumente keine Schwierigkeit haben, ihn aufzufinden, und jedenfalls wäre die Besorgnis unnütz, daß er jemals den einmal bestimmten Ort des Himmels verlassen könnte. Seit aber die Wissenschaft der Neuzeit solche Vorstellungen für roh erklärt und den festen Himmel in ein Heer freier, beweglicher Welten verwandelt hat, ist auch der Pol in eine bloße Idee verflüchtigt, und was noch schlimmer ist, wie wir sehen werden, selbst die Sicherheit seiner Ortsbestimmung erschüttert worden. Lassen wir indes diese letzte Besorgnis einstweilen beiseite und versuchen wir den Pol als Produkt der täglichen Drehung durch diese selbst zu bestimmen.

Erinnern wir uns jetzt, daß die höchsten Standörter, welche sämtliche Sterne in ihrem täglichen Laufe über dem Horizonte einnehmen, durch einen größten Kreis verbunden werden, den wir den Meridian oder die Mittagslinie nannten, und daß dieser Kreis durch den Zenith wie durch den Pol des Himmels geht. Gelingt es uns, die Lage dieses Meridians genau zu bestimmen — und das werden wir ohnehin versuchen müssen, um die Kulmination der Sterne und ihre Stundenwinkel beobachten zu können — so wird uns durch ihn wenigstens schon die Richtung auf den Pol angewiesen. Das einfachste Mittel zur Auffindung des Meridians scheint uns durch den Umstand gegeben, daß die Höhenpunkte der Sterne stets genau in der Mitte zwischen ihrem Auf- und Untergangspunkte liegen. Freilich dürfte es sehr schwer sein, diese Punkte des Auf- und Unterganges genau zu beobachten, da der Horizont selten ganz frei und namentlich fast immer mit Dünsten bedeckt ist, welche Gesichtstäuschungen veranlassen. Man könnte nun freilich statt der Auf- und Untergangspunkte gewisse gleiche Höhen des Sternes über dem Horizonte wählen. Die ganze Aufgabe würde dann darin bestehen, zweimal in gleichen Höhen über dem Horizonte genau und gleichzeitig Höhe und Azimut eines Sternes zu beobachten.

Ich benutze diese Gelegenheit, den Leser mit einem auch für den Astronomen wichtigen Instrumente bekannt zu machen, das den Namen Theodolit führt. Dasselbe besteht im wesentlichen aus zwei geteilten Kreisen, von denen der eine vertikal, der andre horizontal ist. Jeder dieser Kreise ist mit einem Fernrohr so fest verbunden, daß bei einer Drehung ihre gegenseitige Stellung nicht verändert werden kann. Jeder dieser drehbaren Kreise oder Alhidaden, wie man sie

nennt, ist wieder von einem festen, unbeweglichen Kreise oder Limbus umgeben, der in Grade und kleinere Teile geteilt ist. Wir sehen also, daß man auf diesen beiden Limbus jede Bewegung des Instruments, die horizontale des einen und die vertikale des andern Fernrohres ablesen kann. Nur wird es dem Leser schwerlich auch begreiflich sein, wie dies genau, nicht bloß nach Graden, sondern nach Minuten und Sekunden geschehen kann.

Damit der Leser überhaupt einen Begriff von einer astronomischen Winkelmessung bekommt, will ich hier die Einrichtung, auf welcher sie beruht, deutlich zu machen suchen. Bei solchen Instrumenten sind an verschiedenen Punkten der Alhidaden Lupen angebracht, durch welche man am Rande derselben eine Teilung bemerken wird. Dem Anschein nach ist diese Teilung nicht wesentlich von der des Limbus unterschieden, und dennoch gestattet sie für die Winkelmessung noch sehr kleine Teile abzulesen. Es entsprechen nämlich dieser Alhidadenteilung genau 29 Teile von der Teilung des Limbus. Da dieses Stück der Alhidade aber genau wieder in 30 Teile geteilt ist, so wird jeder dieser Teile um $^1/_{30}$ kleiner sein als jeder der Teile des Limbus. Der kleinste Teil auf dem Limbus entspricht einem halben Grad. Bleibt nun bei irgend einer Stellung des Instruments, in welcher ein Winkel gemessen werden soll, ein Bruchteil eines solchen halben Grades übrig, so dient das Stück der Alhidadenteilung zur Messung dieses Restes. Es wird nämlich irgend einer der 30 Teilstriche der Alhidade mit irgend einem der nächsten 29 Teilstriche des Limbus zusammenfallen, und der Unterschied der beiden dadurch bezeichneten Stücke auf der Alhidade und dem Limbus wird den unbekannten Rest messen. Jeder Teil der Alhidade ist aber nun der dreißigste Teil eines halben Grades, also um eine Minute kleiner, als jeder Teil auf dem Limbus. Folglich gibt die Anzahl der Teilstriche bis zum Zusammenfallen der beiden Teilungen die Anzahl der Minuten an, welche jener Rest enthält. Diese Einrichtung ist es, die unter dem Namen des Nonius oder Vernier bei astronomischen, geodätischen oder andern Messungen erwähnt wird.

Theodolit.

Für astronomische Messungen reicht indessen selten dieser Nonius ganz aus, und man pflegt namentlich bei größeren und feststehenden Instrumenten statt seiner eine andre Einrichtung anzuwenden, die noch weit sicherere und genauere Resultate erzielt. Da unser Vertrauen auf die Sicherheit und Richtigkeit der astronomischen Messungen wesentlich durch die Kenntnis solcher Hilfsmittel bedingt ist, so wollen wir uns auch von dieser überaus sinnreichen Einrichtung einen Begriff zu verschaffen suchen. Sie ist unter dem Namen des Mikrometers bekannt. Es ist im wesentlichen ein kleines Fernrohr, welches in seinem Brennpunkt ein Fadenkreuz trägt und unveränderlich gegen die auf dem Außenrande des sich drehenden Alhidadenkreises angebrachte Teilung gerichtet ist. Blickt man durch dieses kleine Fernrohr, so sieht man das vergrößerte Bild eines kleinen Stückes der Teilung und mitten darin die sich kreuzenden Fäden. Diese Fäden aber sind nicht unbeweglich wie in gewöhnlichen Fernröhren, sondern können mit Hilfe einer kleinen Schraube in der Richtung der Teilung des Instruments fortbewegt werden, und darauf eben beruht, wie wir sehen werden, die außerordentliche Feinheit dieser Messung. Wenn nämlich der große drehbare Kreis des Instruments aus einer genau bekannten Stellung in eine andre übergeht, so wird es selten geschehen, daß einer der Teilstriche desselben genau mit dem Kreuzungspunkte der Fäden des Mikrometerfernrohrs zusammen fällt; vielmehr wird sich dieser Kreuzungspunkt fast immer zwischen zwei solchen Teilstrichen befinden. Es wird daher, um die ganze erfolgte Drehung zu messen, auch der kleine Abstand des Kreuzungspunktes von dem zuletzt durchlaufenen Teilstriche gemessen werden müssen. Das geschieht nun durch die Bewegung des Fadenkreuzes mit Hilfe der Schraube. Jeder Umlauf der Schraube, der zu dieser Verschiebung erfordert wird, entspricht nämlich einem bestimmten Bruchteil jener Teilung, und selbst Bruchteile eines solchen Umlaufes können durch die feine Teilung, welche der Kopf der Schraube trägt, noch gemessen werden. Gesetzt, der große Alhidadenkreis sei von fünf zu fünf Minuten geteilt, und die Mikrometerschraube müsse genau zehn Umläufe vollenden, um das Fadenkreuz von einem Teilstriche zum andern zu schieben, der Umfang des Schraubenkopfes sei endlich in 60 gleiche Teile geteilt, so wird jeder Umlauf der Schraube einen Bogen von 30 Sekunden und jeder Teilstrich des Schraubenkopfes einen Bogen von einer halben Sekunde messen. Wir sehen, wie durch diese einfache, aber sinnreiche Vorrichtung eine Genauigkeit der Winkelmessung erzielt werden kann, von der wir erst einen vollen Begriff bekommen werden, wenn wir hören, daß die hier angegebene Grenze der Genauigkeit, eine halbe Sekunde, ungefähr dem 77sten Teile des scheinbaren Durchmessers der Jupiterscheibe gleich ist.

Jetzt, nachdem wir Vertrauen zu der Genauigkeit der astronomischen Winkelmessung gefaßt haben, können wir zu jener Anwendung derselben zurückkehren, welche die Bestimmung des Meridians zum Zwecke hatte. Wir haben bereits gesehen, daß der vertikal stehende Kreis oder Höhenkreis des Theodolits mit seinem Fernrohr geeignet ist, die Höhe eines Sternes, der Horizontalkreis aber sein Azimut festzustellen. Der Astronom richtet also einige Stunden nach dem Aufgange eines Sternes, wenn er etwa eine Höhe von 15° über dem Horizonte

erreicht hat, das Fernrohr seines Höhenkreises auf denselben, so daß er genau in der Mitte seines Fadenkreuzes erscheint. Das Instrument wird dann mit Hilfe von Stellschrauben festgestellt und der Nonius des Horizontalkreises abgelesen. Einige Stunden vor seinem Untergange wird der Stern wieder dieselbe Höhe über dem Horizonte einnehmen. Um diese Zeit dreht man den Horizontalkreis samt dem Höhenkreise und seinem Fernrohr, dessen Neigung gegen den Horizont ja dadurch keine Veränderung erleidet, um die vertikale Achse des Instruments nach Westen, bis man den Stern genau wieder im Fadenkreuze des Fernrohrs hat. Man liest nun abermals den Nonius des Horizontalkreises ab und erfährt so den Winkel, welchen die beiden verschiedenen Stellungen des Fernrohrs einschließen. Genau in der Mitte des Winkels liegt der Meridian. Dieses Verfahren, die Meridianlinie zu bestimmen, das man als die Methode der korrespondierenden Höhen bezeichnet, hat lange Zeit in der Astronomie eine bedeutende Rolle gespielt. Dennoch ist es mit wesentlichen Mängeln behaftet. Der Leser wird freilich nicht die Schwierigkeit begreifen, die es hat, einen Stern gleichzeitig unter dem horizontalen und vertikalen Faden des Fernrohrs zu erhalten. Aber man muß an die ununterbrochene Bewegung der Sterne denken, die sie, wenn man sie in der einen Richtung festgestellt zu haben glaubt, bereits wieder entführt, während man die Feststellung in der andern Richtung versucht. Dennoch hat der Astronom gerade aus dieser Schwierigkeit eine andre, weit zuverlässigere Methode zur Bestimmung der Meridianlinie herzuleiten gewußt.

Nonius.

Ich brauche den Leser nicht erst darauf aufmerksam zu machen, daß die Bewegung des Himmels eine durchaus gleichmäßige ist, daß in allen Parallelkreisen in gleicher Zeit gleiche Bogen durchlaufen werden. Eine einmalige Beobachtung des Himmels mittels eines Winkelinstruments würde ihn davon überzeugen. Lenken wir aber unsern Blick auf jene nie auf- und untergehenden Sterne, die täglich den Pol umkreisen, und die man als Zirkumpolarsterne zu bezeichnen pflegt. Denken wir uns jetzt ein um eine horizontale Achse drehbares Fernrohr, das also bei seiner Drehung stets eine Vertikalebene beschreibt, auf die Nordseite des Himmels gerichtet, an welcher jene Sterne kreisen. Das Fernrohr wird hier offenbar in seiner Drehung den Parallelkreis irgend eines jener Zirkumpolarsterne durchschneiden. Liegt dieser Schnitt rechts von dem Mittelpunkte des Kreises, so wird er denselben in zwei ungleiche Teile teilen, und der Stern wird mehr Zeit gebrauchen, um nach Westen hin den untern Durchschnitt zu erreichen, als um von Osten her wieder in den obern zu gelangen. Bewegt man also nun sein Fernrohr, ohne die horizontale Lage der Achse zu ändern, etwas weiter nach Westen, so wird ein neuer Durchschnitt des Parallelkreises erfolgen, und der Stern wird

Mikrometer.

nun vielleicht umgekehrt weniger Zeit gebrauchen, um westlich den untern Schnitt zu erreichen, als um östlich zum obern zurückzukehren. Der Mittelpunkt des Parallelkreises liegt also jetzt zur Rechten des letzten Schnittes und muß mitten inne zwischen beiden gesucht werden. Durch wiederholte Versuche wird man dahin gelangen, diejenige Stellung des Fernrohrs zu ermitteln, in welcher der Stern ebensoviel Zeit gebraucht, um von oben nach unten zu gehen, als um von unten nach oben zurückzukehren. Das ist die Stellung, in welcher das Fernrohr genau die Meridianlinie am Himmel beschreibt. Diese Methode ist es nun in der That, die man noch heutzutage auf den meisten Sternwarten anwendet, um die Instrumente genau in der Richtung von Süd nach Nord aufzustellen. Die genaue Festlegung der Mittagslinie ist die erste Aufgabe jeder Sternwarte, welche ihren Beobachtungen einen selbständigen, von den Ermittelungen andrer Sternwarten unabhängigen Wert verleihen will. Denn nicht nur dient der Meridian dazu, das für alle astronomischen Beobachtungen so wichtige Element der Zeit zu ermitteln und den Gang der Uhr, von dessen Genauigkeit vieles abhängt, zu kontrollieren, sondern es beruht auch die absolute Ortsbestimmung von Sternen, Planeten u. s. w. am Himmelsgewölbe auf der genauen Kenntnis der Lage des Meridians. Es ist nun klar, daß, wenn es dem Astronomen gelungen ist, die Lage seiner Mittagslinie genau zu ermitteln und sein Fernrohr möglichst scharf in die Ebene derselben zu bringen, diese Lage auch auf die Dauer fixiert bleiben muß.

Die Stundenkreise und Parallelkreise am Himmel und die Meridiane und Parallelkreise auf der Erde.

Wie soll sich aber der Beobachter jederzeit ohne neue mühevolle Untersuchungen überzeugen können, daß sein Fernrohr sich noch genau in der Ebene des Meridians bewegt; woran soll er sicher erkennen, daß das Instrument während seiner Abwesenheit nicht durch einen Stoß aus der Meridianebene abgelenkt wurde? Hierüber muß sich der Astronom offenbar jederzeit leicht vergewissern können, da sonst eine peinliche Unsicherheit über seinen Beobachtungen schweben würde. Das einfachste Mittel, sich stets über die genaue Lage des Fernrohres im Meridian zu orientieren, ist die Anbringung von Meridianzeichen in gewissen, nicht zu kleinen Entfernungen nördlich und südlich vom Observatorium. Diese Meridianzeichen bestehen gewöhnlich aus steinernen Pfeilern, welche oben eine Skala tragen, an welcher ein senkrechter Strich die genaue Richtung des Meridians bezeichnet.

Das große Meridianinstrument der Pariser Sternwarte.

Es ist nun für den Beobachter nicht schwer, sich jederzeit über die richtige Stellung seines Instruments im Meridian zu vergewissern und es nötigenfalls leicht wieder in diese richtige Lage zurückführen zu können. Das mag dem Leser für jetzt genügen, denn ich muß bald doch wieder auf das im Meridian bewegliche Fernrohr zurückkommen.

So haben wir denn bereits eine wichtige Marke am Himmel gefunden und in dem Netze, das wir über seine Kuppel ausspannten, wenigstens einen Faden fest bestimmt. Wir müssen nun aber auch den Anfangs- und Mittelpunkt dieses Netzes, den Pol des Himmels, aufsuchen. Das wird auch für uns keine Schwierigkeiten mehr haben. Er muß ja genau in der Mitte zwischen jenem höchsten und niedrigsten Orte eines Circumpolarsternes liegen, durch deren Lage wir unsre Meridianebene bestimmten. Dieser Pol und der in einem Abstande von 90° um ihn gezogene größte Kreis am Himmel, der Äquator, haben natürlich für jeden Ort auf der Erde eine andre Höhe über dem Horizonte. Die Höhe des Pols über dem Horizonte nennt man die Polhöhe, und ich brauche wohl nicht erst zu sagen, daß sie mit der geographischen Breite eines Ortes gleichbedeutend ist, da unsre irdischen Kreise erst aus der Übertragung der himmlischen auf die Erde hervorgegangen sind.

Unser Netz am Himmel ist jetzt vollendet und wir sind in den Stand gesetzt, Ortsbestimmungen am Himmel vorzunehmen. Es ist gebildet durch die im Pole zusammenlaufenden Stundenkreise und durch die Parallelkreise der Sterne. Ist der Parallelkreis und der Stundenkreis eines Sternes bekannt, so ist auch der Ort desselben vollständig bestimmt. Es gehört also nichts weiter zu dieser Ortsbestimmung, als die Beobachtung eines Sternes bei seinem Durchgange durch den Meridian. Zu diesem Zwecke bedarf es wieder nur eines Instruments, dessen Fernrohr genau in der Ebene des Meridians steht. Als solche Instrumente werden wir in den Sternwarten gewöhnlich das Mittagsfernrohr oder Passageinstrument und den Meridiankreis oder seltener den Mauerkreis finden. Das erstere ist ein einfaches Fernrohr, das um eine horizontale auf massiven Pfeilern ruhende Axe genau in der Ebene des Meridians drehbar ist. Das andre ist ein großer, mit einem Fernrohr versehener Höhenkreis, der gleichfalls nur in der Meridianebene gedreht werden kann. Beide sind mit außerordentlich genauen Pendeluhren verbunden, da die Uhr, wie wir sehen werden, eine bedeutende Rolle in der Ortsbestimmung der Sterne spielt. Was den Mauerkreis anlangt, von dem die Zeichnung eine Vorstellung gibt, so genoß er früher ein großes Ansehen bei den astronomischen Beobachtern, neuerdings ist man indes ganz von diesem Instrumente abgekommen, und benutzt statt seiner ausschließlich den kompendiösen und ungleich sichereren Meridiankreis.

Richten wir nun das Fernrohr eines solchen Mittagskreises auf einen Stern im Augenblick, wo er infolge der täglichen Bewegung in den Meridian tritt, so können wir leicht an seiner Teilung den Bogen, um den dieser Stern vom Pole absteht, also seine Poldistanz ablesen.

Statt dieser Poldistanz wählen indessen die Astronomen bei Ortsbestimmung

der Sterne oft den Abstand des Sternes vom Äquator, den man die Deklination oder Abweichung nennt, und der die Poldistanz offenbar zu 90° ergänzt. Es käme nun nur noch darauf an, auch den Stundenkreis zu bestimmen, in welchem ein Stern sich befindet. Da sämtliche Stundenkreise einer nach dem andern in den Meridian treten, so wird es nötig werden, irgend einen derselben als den ersten und denjenigen festzustellen, auf welchen alle übrigen bezogen werden können. Kümmern wir uns nun einstweilen nicht um den Astronomen, sondern treffen wir einmal selbst unsre Wahl. Sie wird offenbar auf den Stundenkreis irgend eines besonders hellen Sternes, etwa des Sirius, fallen. Beobachten wir jetzt die Zeit, welche zwischen dem Meridiandurchgange des Sirius und dem desjenigen Sternes, dessen Ort wir bestimmen wollen, verfließt, so ist uns damit auch die Lage des Stundenkreises des letztern gegeben, d. h. der Bogen gemessen, welchen beide Stundenkreise auf dem Parallelkreise des Sternes oder auf dem Äquator abschneiden. Denn dieser Bogen muß stets zum ganzen Kreisumfange in demselben Verhältnis stehen, wie sich die zu seiner Durchlaufung erforderte Zeit zu der Zeit einer ganzen Umdrehung des Himmels verhält. Jener Bogen des Äquators aber, oder der Abstand des Stundenkreises eines Sternes von dem ersten Stundenkreise, für uns jetzt dem des Sirius, ist das, was der Astronom die *gerade Aufsteigung* oder *Rektaszension* eines Sternes nennt.

Mauerkreis von vorn gesehen.

Wir sehen also, daß wir es hier mit der Uhr zu thun bekommen, und daß die Zeit, welche diese Uhr mißt, allein bestimmt wird durch die tägliche Umdrehung des gestirnten Himmels. Man bezeichnet sie deshalb auch als *Sternzeit* und die Einheit, auf welche sie zurückgeführt wird, d. h. die Zeit, welche von einem Meridiandurchgange eines Sternes bis zum andern verfließt, als *Sterntag*. Aber wir dürfen nicht übersehen, daß, indem wir die Zeit in unsre Ortsbestimmung

der Sterne gemischt haben, zugleich eine gewisse Beweglichkeit in das Netz gekommen ist, das wir über den Himmel ausgespannt zu haben glaubten. Es ist uns gleichsam von allen jenen Fäden, die wir an den Pol festknüpften, nur einer übrig geblieben, und die einzelnen Stundenkreise entstanden uns eigentlich nur dadurch, daß wir diesen Faden, den Meridian, über die einzelnen Sterne hingleiten ließen. Dadurch, daß wir die Ortsbestimmung der Sterne von der Umdrehung des Himmels abhängig machten, ist es nur möglich, für einen bestimmten Augenblick den Ort eines Sternes festzustellen. Für jeden andern Zeitpunkt aber wird dieser Ort auch ein andrer sein. Unsre Aufgabe scheint damit im wesentlichen verfehlt. Der Himmel sollte für uns ein festes, unerschütterliches Gewölbe werden, dessen Festigkeit uns eben in den Stand setzen sollte, auch die kleinsten Ortsveränderungen der Sterne, sei es infolge ihrer eignen Bewegung oder eigentümlicher fortschreitender Bewegungen unsrer Erde zu erkennen. Dazu bedarf es eines festen Netzes am Himmel, und das werden wir nicht gewinnen, wenn wir einen beliebigen Stern, der nicht einmal immer am Himmel sichtbar ist, der jedenfalls an der Bewegung der andern Sterne teilnimmt und so gut wie diese eigne Bewegung haben kann, zum Anfangspunkt der Stundenkreise wählen. Dazu bedürfte es streng genommen eines Punktes, der unabhängig von der gesamten Sternenwelt unabänderlich fest an den Himmel gebannt ist. Ob ein solcher existiert, und wie die Astronomen sich geholfen haben, das wollen wir nun sehen.

Für seine Beobachtungen wenigstens ist es dem Astronomen gelungen, sich unabhängig von der täglichen Bewegung zu machen und sich eine Art festen Himmelsgewölbes zu schaffen. Sie wissen, daß es eben dieser Bewegung wegen außerordentlich schwer ist, einen Stern auch nur eine kurze Zeit hindurch im Gesichtsfelde eines Fernrohres festzuhalten. Die Linse des Fernrohrs vergrößert nicht allein die Dimensionen des Objekts, sondern auch seine Bewegung. Will man eine Beobachtung von nur einiger Dauer machen, so muß man beständig mit dem Fernrohr dem Sterne nachrücken, und das verursacht eine höchst lästige Störung. Man ist daher, wie ich schon früher bei Besprechung des Fernrohres erwähnte, auf den Einfall gekommen, ein Fernrohr mit einem Uhrwerk in Verbindung zu setzen, durch welches es eine genau dem Sterne in seinem täglichen Laufe folgende Bewegung erhält, ohne daß der Beobachter etwas damit zu thun hätte. Hierdurch ist der Beobachter in eine Lage versetzt, als ob der ganze Himmel in völliger Ruhe wäre. Diese Einrichtung aber, die man eine parallaktische Aufstellung des Fernrohres nennt, verlangt zunächst eine genau auf den Pol gerichtete Drehungsachse, auf welcher senkrecht eine zweite Achse befestigt ist. Um letztere dreht sich das Fernrohr. Schon eine solche Vorrichtung würde genügen, durch eine bloße Handbewegung das Fernrohr dem Laufe eines Sternes folgen zu lassen. Für gewöhnlich aber wird, wie ich schon sagte, diese Bewegung durch ein Uhrwerk hervorgerufen, welches mit größter Gleichmäßigkeit genau in einem Sterntage das Fernrohr um seine auf den Himmelspol gerichtete Achse führt, während die zweite darauf senkrechte Achse gestattet, das Fernrohr auf jeden beliebigen Parallelkreis, also auch auf jeden beliebigen Stern einzustellen.

Das große Äquatorial der Pariser Sternwarte.

In großen Sternwarten sieht man ein solches parallaktisches Fernrohr unter den Namen des Äquatorials stets auf dem höchsten Teile des Gebäudes unter einer drehbaren und nach einer Seite mit einer Öffnung versehenen Kuppel aufgestellt, und zwar wählt man hierzu immer die größten Instrumente. Die großen Refraktoren, welche wir früher kennen lernten, sind sämtlich als Äquatoriale aufgestellt oder „montiert“. Die Abbildung Seite 93 gibt eine Ansicht des großen vierzehnzölligen Äquatorials der Pariser Sternwarte und der Art und Weise seiner Aufstellung. In ähnlicher Weise sind auch die großen Refraktoren der übrigen Sternwarten aufgestellt. Die Drehung dieses Instruments mißt also zugleich die Stundenwinkel oder Rektaszensionen der Sterne, die man auf einem feingeteilten Kreise ablesen kann, der genau in der Ebene des Äquators auf der schiefen Fläche des steinernen Pfeilers befestigt ist, welcher die Drehungsachse des Instruments trägt. Ein zweiter geteilter Kreis ist an dem Fernrohr selbst befestigt und läßt die Deklinationen der Sterne ablesen. Dem Astronomen ist der Äquator gleichsam zum Horizont geworden, über dem die Sterne in ewiger Ruhe schimmern, so daß er, wie er sonst, um die Höhe eines Sternes über dem Horizont zu messen, seinen Theodolit gerade auf diesen Stern richtete und an seiner Teilung den Winkel las, so jetzt nur das Fernrohr seines Äquatorials auf den Stern zu richten braucht, um Deklination und Rektaszension desselben zu lesen. Ich habe hiermit natürlich nur im allgemeinen die Instrumente und Beobachtungsmethode vorgeführt, womit der Astronom den Ort der Sterne am Himmelsgewölbe ermittelt. Wir sehen das Fernrohr fest auf seinem Stande stehen und gleichmäßig, mit großer Sicherheit der täglichen Umdrehung entsprechend, von einem Uhrwerk um den Himmel herumgeführt; wir sehen, die Vollkreise zum Messen der Deklinationen, die Mikrometer zur Bestimmung relativer Winkelabstände durch Anschluß an bereits ihren Örtern nach bestimmte Sterne sind von höchster Vollkommenheit; die Gradeinteilung auf dem Limbus ist so scharf und genau, daß man darüber erstaunt, wie menschliche Kunstfertigkeit alles dies vollbringen konnte. Stark irren würden wir jedoch, wenn wir glaubten, der Astronom brauche sein Instrument nur auf den zu beobachtenden Stern zu richten, scharf einzustellen, die Messung abzulesen und zu notieren.

Ein Fernrohr mit parallaktischer Aufstellung.

Das neue große Äquatorial der Wiener Sternwarte.

Weder die Konstruktion noch die Aufstellung der besten Instrumente ist eine solche, die bei den heutigen Anforderungen, welche an brauchbare Messungen gestellt werden, ausreichte, um nur einzustellen und abzulesen, sondern jedes Instrument muß bezüglich seines Baues wie seiner Aufstellung vorher genau untersucht und rektifiziert werden. Einen Teil der kleinen Unvollkommenheiten, welche dem Beobachter behufs Korrektion der unmittelbaren Ablesung alle genau bekannt sein müssen, kann er direkt am Instrumente mittels gewisser Schrauben fortschaffen; der Rest aber muß in Rechnung gezogen und bei den Beobachtungen durch Rechnungen berücksichtigt werden. Erst diese korrigierten Beobachtungen sind, nachdem sie abermals von gewissen andern, außerhalb des Instruments befindlichen Einflüssen befreit sind, zu weiteren Untersuchungen tauglich. Doch wieder zurück zu unserm eigentlichen Gegenstande.

Wie bewundernswürdig es auch sein mag, wenn der Astronom den himmlischen Heerscharen auf diese Weise Stillstand gebietet; diese Ruhe ist doch nur eine scheinbare; die Bewegung des Himmels ist nur aufgehoben durch die entgegengesetzte des Instruments. Für die sichere Ortsbestimmung der Sterne bedarf es eines wirklich ruhenden oder wenigstens eines wirklich von dieser allgemeinen Bewegung des Himmels unabhängigen Punktes, eines Punktes etwa, für den wir in ähnlicher Weise Beständigkeit in Anspruch nehmen können, wie wir es für den Himmelspol nach allgemeinen physikalischen Gesetzen müssen. Mag auch kein Stern diesen Punkt bezeichnen, auf den wir unsre Beobachtungen und Messungen am Himmel beziehen müssen, wenn uns Ortsveränderungen am Himmel nicht entgehen sollen, mag er auch ein bloßer Gedanke sein, der an jenem Gewölbe haftet: immerhin wird er als eine außer uns liegende, von jedem Zufall unabhängige, in ewigen und unabänderlichen Naturgesetzen begründete Erscheinung bezeichnet werden müssen. Was kann also näher liegen, als der Gedanke, daß wir nach einer Bewegung zu forschen haben, die, unberührt von jener täglichen der gesamten Sternwelt, nach festen, für uns erkennbaren und bis auf einen hohen Grad der Genauigkeit von uns erkannten Gesetzen am Himmel vor sich geht! Diese Bewegung aufzusuchen und dadurch einen sichern Anknüpfungspunkt für unsre Ortsbestimmungen am Himmel zu gewinnen, das soll unsre nächste Aufgabe sein. Für jetzt lassen wir dem Himmel seine scheinbare Ruhe; denn die Bewegung, in die wir ihn versetzen werden, wird ja der wichtigste Teil unsrer Reise selbst sein. Wer den Himmel durchwandern will, darf nicht müßig schauen, sondern muß ihn mit den Hebeln seines Geistes aus den Angeln reißen.

Tycho Brahes Sternwarte Uranienborg (Himmelsburg) auf der zwischen Dänemark und Schweden gelegenen Insel Hveen, aus dem Jahre 1576. (Unten: Durchschnittsansicht des unteren Raumes.)

Sechstes Kapitel.

Die jährliche Bewegung des Himmels.

Es zieht dich an, es reißt dich heiter fort,
Und wo du wandelst, schmückt sich Weg und Ort.
Du zählst nicht mehr, berechnest keine Zeit,
Und jeder Schritt ist Unermeßlichkeit."

Ich habe den Leser nicht ohne Grund zu einer „Reise", einer „Wanderung" durch die Himmelsräume eingeladen, und er weiß bereits recht gut, das es nur die Flügel des Lichtes oder des Gedankens sind, die uns tragen werden. Wir wissen wohl, daß es nur der Weg, auf dem die Wissenschaft ihre wunderbaren Resultate erzielt hat, ist, den wir wandern werden. Aber dieser Weg ist der Weg der Beobachtung. Jedes neue Beobachtungsmittel ist gleichsam ein Wegweiser in ein neues, bisher unbekanntes Gebiet. Der Leser sieht also, daß ich ihn wenigstens einer oberflächlichen Bekanntschaft mit diesen Wegweisern nicht überheben konnte, wenn ich ihn nicht der Gefahr aussetzen wollte, sich am Himmel in die Irre zu verlieren. Und vor allem müssen wir dort doch wenigstens festen Fuß fassen, und das, werden wir uns erinnern, war uns bis jetzt noch nicht gelungen. Vergeblich haben wir uns bemüht, an dem ewig bewegten Himmel feste Punkte aufzufinden, auf welche wir jede Veränderung in der Stellung der Gestirne beziehen, und an welchen wir sie messen könnten. Ein solcher Punkt war uns freilich durch den

Pol, den einzigen, von der täglichen Drehung des Himmels unberührten Punkt, gegeben; aber er genügte nicht, das Netz, das wir über das Himmelsgewölbe gezogen hatten, zu befestigen. Könnten wir noch an die Unbeweglichkeit der Fixsterne glauben, so wäre es freilich das einfachste gewesen, in irgend einem glänzenden Sterne jenen festen Punkt, den wir suchen, zu wählen. Aber gerade die Erwartung, Veränderungen auch in jener fernen Fixsternwelt zu finden und durch sie Aufschlüsse über ihre Ordnung und ihre Natur zu gewinnen, ist es, auf welche die Hoffnung sich gründet, unsre Reise über die Grenzen unsrer heimischen Planetenwelt auszudehnen. Die alten Ägypter glaubten noch an die Festigkeit des Fixsternhimmels, und ihnen war darum ganz folgerichtig ein solcher Fixstern, der Sirius, sowohl der Markstein am Himmel, wie der Wächter des Jahres. Sein Wiedererscheinen in den Strahlen der Morgensonne bezeichnete ihnen den Anfang des neuen Jahres. Aber sie mußten erfahren, daß bereits nach hundert Jahren der Sirius um fast 25 Tage früher aus den Sonnenstrahlen hervortrat. Freilich war das nicht gerade die Schuld des Sirius und seiner Bewegung. Uns aber würde, wenn wir in ähnlicher Weise den Sirius zum Anfangspunkt unsrer Stundenkreise wählten, bei der Vervollkommnung unsrer Beobachtungsmittel infolge noch ganz andrer Bewegungen, von denen die Alten gar keine Ahnung hatten, auch eine ganz ähnliche Erfahrung in betreff der Ortsbestimmung der Sterne drohen. Wir würden bald die heilloseste Verwirrung am Himmel gewahren, in der wir nicht mehr zu entscheiden vermöchten, ob eine Veränderung unsres Anfangspunktes oder eine Bewegung der Fixsterne sie veranlaßt hätte. So mußten wir uns denn nach einer andern Bezeichnung unsres festen Punktes umsehen, und es konnte uns nichts näher liegen, als der Versuch, ihn durch eine zweite, von der Drehung des Himmels völlig unabhängige, aber eben so genau bekannte und nach mathematischen und physikalischen Gesetzen zu berechnende Bewegung am Himmel festzustellen.

Zwei verschiedene Bewegungen müssen einander notwendig kreuzen, und wenn beide Bewegungen unabänderlich oder doch in ihren kleinsten Veränderungen gesetzlich sind, so muß auch ihr Kreuzungspunkt unabänderlicher oder doch gesetzlicher Bestimmung zugänglich sein.

Daß es eine solche Bewegung am Himmel gibt, und daß es vorzugsweise die Sonne ist, welcher sie zukommt, brauche ich wohl nicht erst zu sagen. Daß es aber gerade die Sonne ist, deren Bewegung wir die Bezeichnung unsres festen Punktes überlassen, dafür gibt es noch einen besondern Grund. Wir haben gesehen, daß der Zeitbestimmung ein wesentlicher Anteil an der Ortsbestimmung der Sterne zuwiesen ist, daß wir die Uhr dabei zu Hilfe nahmen, und wenn unsre Sternuhr nur ausreichte, die gegenseitige Stellung der Fixsterne zu einander festzustellen, so liegt es ja nahe, durch eine andre Zeitbestimmung, eine andre Uhr, diese Ortsbestimmung auf ein andres Gestirn zu beziehen. Diese andre Zeitbestimmung ist uns aber bereits in unserm bürgerlichen Leben gegeben, und es ist uns bekannt, daß der Lauf der Sonne, daß die Sonnenuhr es ist, welche diese Zeitbestimmung regelt. Folgen wir nun diesem Laufe der Sonne, um zu sehen, in wie weit er unsern Zwecken genügt.

Der Glanz, welchen die Sonne über unsre Atmosphäre ausgießt, verhindert uns, die Sterne am Tage zu sehen, und läßt uns darum auch keine unmittelbare Kunde über die Stellung erlangen, welche die Sonne unter den Sternen einnimmt.

Ekliptisches Astrolabium des Regiomontanus.

Allerdings ist es durch gute Fernröhre möglich, wenigstens sehr hellglänzende Sterne auch am Tage zu erblicken, aber doch nur dann, wenn sie mindestens um einen Bogen von 75° vom Tagesgestirn abstehen, und es würde immer ein sehr unzureichendes Mittel sein, durch Beobachtung solcher Sterne dem Laufe der Sonne am Himmel zu folgen.

Die Sonne geht auf und unter, wie alle übrigen Sterne, einen Tag wie den andern. So scheint es auf den ersten Blick; aber man muß näher zusehen. Wenn man einen Stern tagelang hintereinander beobachtet, so sieht man ihn stets an

demselben Punkte des Horizonts aufgehen und stets dieselbe Höhe am Himmel erreichen. Die Sonne dagegen geht jeden Tag an einem andern Punkte des Horizonts auf, erhebt sich jeden Tag zu einer andern Höhe am Himmel. Wenn man auf die Sterne achtet, welche nach dem Untergange der Sonne, sobald das Erlöschen ihres Lichtes in jener Gegend Sterne sichtbar werden läßt, dort, wo die Sonne verschwand, auftauchen, so wird man bald gewahr werden, daß diese Sterne nach und nach dem Horizonte näher erscheinen als anfangs, daß sie endlich verschwinden und andre an ihrer Stelle sichtbar werden. Durch die Sterne, welche mit der untergehenden Sonne verschwanden oder aus den Strahlen der aufgehenden hervortauchten, bezeichneten sogar einige Völker des Altertums die Zeiten des Jahres.

Nach solchen Beobachtungen ist es nicht mehr möglich, die Sonne für einen Stern wie die anderen, d. h. als festgeheftet an das täglich sich drehende Himmelsgewölbe zu betrachten. Dieses beständige Fortschreiten der Sonne mitten durch die Sterne des Himmels ist der Beweis einer ihr eigentümlich zukommenden Bewegung. Um eine Kenntnis von der Art dieser Bewegung zu erlangen, müssen wir zu Winkelmessungen unsre Zuflucht nehmen. Wir wissen, daß es mit Hilfe eines Meridiankreises leicht ist, den Ort eines Gestirnes in bezug auf den Äquator wie auf den Stundenwinkel eines andern Sternes festzustellen. Wir dürfen nur mit einem solchen Instrumente die Sonne in dem Augenblick beobachten, in welchem der Mittelpunkt, oder noch besser einmal der obere, dann der untere Rand der Sonne den Meridian berührt, und wir können sofort an der Teilung des Instruments den Abstand des Parallelkreises der Sonne vom Äquator, d. h. die Deklination der Sonne ablesen. Wir dürfen ferner nur an unsrer Sternuhr die Zeit ermitteln, welche zwischen einem solchen Meridiandurchgange der Sonne und dem eines bekannten Sternes, etwa des Sirius, verfließt, um auch den Abstand des Stundenkreises der Sonne von dem des Sirius, also das, was wir vorhin als Rektaszension bezeichneten, zu erhalten. Vergleichen wir nun eine Reihe solcher Messungen untereinander, so finden wir ein ganz andres Resultat, als bei den ähnlichen Messungen, die wir an Fixsternen vornahmen. Während dort Deklination und Rektaszension Tag für Tag unabänderlich dieselben blieben, sehen wir hier die Rektaszension täglich um etwa 1^0 wachsen, die Deklination zuerst nördlich vom Äquator bis zu einer Grenze von $23^0\,27^1/_3'$ zunehmen, dann wieder allmählich abnehmen, südlich über den Äquator hinausgehen und endlich wieder die Grenze von $23^0\,27^1/_3'$ erreichen, um von da ab wieder zu wachsen. Die Sonne befindet sich also an jedem Tage in einem andern Parallelkreise, und dieser Parallelkreis erreicht den Meridiankreis stets etwas später als der des vorhergehenden Tages. Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Meridiandurchgängen der Sonne oder der Sonnentag, wie man diese Zeit nennt, ist also etwas länger als die Zeit zwischen zwei Meridiandurchgängen eines Sternes, die wir als Sterntag bezeichnen. Wenn man genauer die einzelnen täglichen Rektaszensionen der Sonne betrachtet, so findet man zugleich, daß die Zunahme der Rektaszension in gleicher Zeit nicht immer dieselbe, daß der Überschuß des Sonnentages über den Sterntag vielmehr ein veränderlicher ist.

Dennoch hat man bei der großen Wichtigkeit der Sonne für alle Verhältnisse unsres Lebens von alters her den Sonnentag zur Maßeinheit der Zeitrechnung gewählt. Freilich mußte man zu diesem Zwecke die Ungleichheit dieser Sonnentage auszugleichen suchen und sich künstlich aus der gesamten Zahl der Sonnentage eines Jahres einen mittleren Sonnentag konstruieren. Dieser unsrer Zeitrechnung noch heute zu Grunde liegende mittlere Sonnentag übertrifft den Sterntag genau um 3 Minuten $56^1/_2$ Sekunden.

So bedeutungsvoll für uns aber auch diese Ergebnisse einer Vergleichung der Sonnenörter mit den Sternörtern sein mögen, so war für jetzt doch der Hauptzweck derselben die Auffindung des Weges der Sonne am Himmel selbst. Verfolgen wir von Tag zu Tag die Örter der Sonne bis zu der Zeit, wo sie genau wieder dieselbe Stellung am Himmel einnimmt, verbinden wir also die Durchschnitte ihrer Stundenkreise mit ihren täglichen Parallelkreisen, wodurch eben die Örter der Sonne bestimmt sind, so erhalten wir einen größten Kreis am Himmel mitten durch die Sternbilder hindurch, der zweimal den Äquator schneidet, einmal im Sternbilde der Fische, das zweite Mal im Sternbild der Jungfrau. Dieser größte Kreis am Himmel, der von der Sonne alljährlich durchlaufen wird, ist die Ekliptik, und die Neigung seiner Ebene gegen die Ebene des Äquators, die gegenwärtig $23^0\ 27^1/_3{}'$ beträgt, wird die Schiefe der Ekliptik genannt. Man könnte natürlich ebenso gut diesen Winkel als Schiefe des Äquators bezeichnen, da in dieser Beziehung Äquator und Ekliptik keinen Vorzug vor einander haben. Indessen ist die erstere Bezeichnung seit frühen Zeiten die allgemein angenommene. Die beiden Punkte, in welchen die Ekliptik den Äquator durchschneidet, heißen die Nachtgleichenpunkte oder Äquinoktien, und zwar derjenige, welchen die Sonne passiert, wenn sie von der Südseite des Himmels zur Nordseite übergeht, der Frühlingsnachtgleichenpunkt, der entgegengesetzte, welchen sie beim Übergang von Nord zu Süd passiert, der Herbstnachtgleichenpunkt. Diejenigen beiden Punkte der Ekliptik, welche die äußersten Grenzen der Abweichungen der Sonne bestimmen, werden Solstitien oder Sonnenwendepunkte genannt, und zwar derjenige, welcher die größte nördliche Abweichung bezeichnet,

Die Koluren.

das Sommersolstitium, der, in welchem die Sonne die größte südliche Abweichung erlangt, das Wintersolstitium. Die beiden größten Kreise endlich, welche von den Himmelspolen durch die Äquinoktien und durch die Solstitien gezogen werden, nennt man die Koluren. Dieses Wort, das sich zuerst bei einem Schriftsteller des vierten Jahrhunderts, Makrobius, findet, ist seiner sprachlichen Bedeutung nach verschieden erklärt worden. Ich glaube, daß man es mit den griechischen Worten Kolos (von koluo, bändigen) und Ouros (das in Bewegung setzende) in Beziehung zu bringen hat, insofern in den Sonnenwenden diejenige Ursache, welche die Sonnendeklinationen wachsen oder abnehmen läßt, gebändigt wird. Diese Erklärung stammt von F. W. v. Berg.

Da der Lauf der Sonne am Himmel, wie wir ihn jetzt ermittelt haben, den Äquator des Himmels schneidet, so genügt er wenigstens in einer Beziehung unsern Anforderungen, um für die Ortsbestimmung der Sterne zu dienen. Da diese Ortsbestimmung aber im Grunde nur auf eine Zeitbestimmung hinausläuft, da jener feste Punkt, den wir suchten, im wesentlichen uns nur einen festen Anfang unsrer Sterntage bezeichnen sollte, so wird es gut sein, wenn wir uns zuvor um die Zeitrechnung der Sonne überhaupt etwas bekümmern.

Wir wissen, daß wir die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um jene Bahn zu durchlaufen, ein Jahr nennen. Aber es könnte uns gleichgültig erscheinen, ob wir die Zeit bis zur Rückkehr zum Frühlingspunkt oder bis zur Rückkehr zu demselben Sterne, von dem die Sonne ausging, zählen. Das ist aber keineswegs der Fall. Die letztere Zeitdauer, die der Astronom als siderisches Jahr bezeichnet, ist aus Ursachen, mit denen ich dem Leser im weitern Verlaufe meiner Darstellung bekannt machen werde, um ungefähr 20 Minuten 23 Sekunden länger, als die erstere, das sogenannte tropische Jahr. Das unsrer Zeitrechnung zu Grunde gelegte Jahr ist das tropische, das in mittlerer Sonnenzeit ausgedrückt, genau 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 46 Sekunden oder in Sternzeit ausgedrückt 366,24 Sterntage oder Umdrehungen des Himmels umfaßt. Wir wissen ferner, daß unsre bürgerlichen Tage, wie die aller Völker, Sonnentage sind, daß aber nicht alle Völker ihre Tage von Mitternacht zu Mitternacht zählen und in 12 Tag- und Nachtstunden teilen. Die Italiener zählen bis in die neueste Zeit 24 Stunden von Sonnenuntergang zu Sonnenuntergang. Da nun die Sonnenuntergänge vom kürzesten Wintertage an bekanntlich jeden Tag etwas später erfolgen, so muß eine richtig gehende italienische Uhr bis in die Mitte des Sommers beständig vorgehen, umgekehrt zum Winter hin merklich nachgehen, und diese Abweichungen können sogar mehrere Stunden betragen. Die Astronomen dagegen zählen ihre 24 Stunden von Mittag zu Mittag und haben mittlere Sonnentage wie wir. Wenn wir uns also in der astronomischen Uhr zurecht finden wollen, dürfen wir nicht vergessen, daß der astronomische Tag 12 Stunden später beginnt, als der bürgerliche.

Ich mag den Leser nicht damit ermüden, daß ich ihn in alle Einzelheiten der Zeitrechnung und der mathematischen Geographie einweihe; aber ich kann doch des Zusammenhanges wegen nicht unterlassen, manches zu berühren. Wir wissen,

daß von dem Laufe der Sonne am Himmel unsre Jahreszeiten und die Klimate der Erde abhängen, daß beim Eintritt der Sonne in die Nachtgleichenpunkte, wo sie also keine Abweichung zeigt und sich genau im Äquator des Himmels bewegt, auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich sind, daß der Eintritt der Sonne in die Solstitien dagegen, in denen sie die größte nördliche oder südliche Abweichung erreicht, unsre längsten oder kürzesten Tage, d. h. das längste oder kürzeste Verweilen der Sonne über dem Horizont bezeichnet. Sie wissen ferner, daß auf dem Äquator der Erde stets Tag und Nacht gleich sind, gerade wie wir die Tages- und Nachtbogen der Gestirne dort stets als gleich erkannten, während an den Polen der Erde es keine Tages- und Jahreszeiten, sondern nur einen Tag und eine Nacht gibt.

Wir wissen aus dem früher Mitgeteilten, daß wir unter den Wendekreisen diejenigen Parallelkreise der Erde verstehen, deren geographische Breite oder Abstand vom Äquator durch die Schiefe der Ekliptik = $23^0\ 27^1/_3{}'$ bezeichnet wird, und daß unter diesen Kreisen es einen Tag im Jahre geben muß, an welchem die Sonne, indem sie ihre größte Abweichung, eben jenen $23^0\ 27^1/_3{}'$ entsprechend, erreicht, genau durch den Zenith des Himmels sich bewegen muß, während für die Polarkreise der Erde, deren Abstand vom Pole durch jene Größe der Schiefe der Ekliptik bezeichnet wird, ein Tag kommen muß, wo die Sonne ihrer Abweichung wegen nicht mehr über den Horizont heraufsteigen kann. Wir wissen endlich, und das liegt unserm Zweck schon näher, daß von dem Laufe der Sonne durch die Ekliptik, von ihrem allmählichen Fortrücken durch die Gestirne, wobei sie durch ihren Glanz ein Sternbild nach dem andern verlöscht, um andre Sternbilder aus dem nächtlichen Dunkel aufglimmen zu lassen, der Wechsel im landschaftlichen Charakter des Himmelsgewölbes bedingt ist, welchen sein Anblick im Laufe des Jahres darbietet.

So gern ich nun auch eilen möchte, unsre Vorbereitungen zu einem endlichen Abschluß zu bringen, so kann ich mir eine kleine Abschweifung doch nicht ersparen. Wir wissen, von welcher Wichtigkeit die Uhr schon für unser gewöhnliches Leben ist, und wir werden die Bedeutung begreifen, die sie für den Astronomen haben muß, dessen Ortsbestimmungen am Himmel, wie wir gesehen haben, ja zum großen Teil auf eine Zeitbestimmung hinauslaufen. Man kann nun freilich einwerfen, und ich gebe es gern zu, daß wir auf einer Reise in so endlose Weiten, in denen Jahrtausende sich in Augenblicke verkürzen und der Flug des Lichtes selbst erlahmt, nicht Zeit noch Lust haben werden, uns um die Uhr zu kümmern. Aber die Uhr soll uns auch durchaus nicht an die Zeit erinnern, ihr Zeiger soll uns nur auf Erscheinungen im Sonnenlaufe hinweisen, von dem wir uns nicht genau genug unterrichten können, wenn wir uns durch ihn die feste Marke am Himmel bezeichnen lassen wollen, an welcher alle Veränderungen der Sternenwelt abgemessen werden können.

Ich habe vorhin schon gesagt, daß unsre Uhren nach mittlerer Zeit gestellt sind. Glaube der Leser jedoch nicht, daß sich das so von selbst versteht und von jeher so gewesen ist. Es sind noch nicht 60 Jahre her, wo in Deutschland, und kaum

50 Jahre, wo in Frankreich noch alle Uhren nach wahrer Zeit gingen. Es würde uns schwer werden, sich in jene Zeit zurück zu denken, wo oft jede Uhr eine andre Zeit zeigte, und wo der Uhrmacher die Klage über eine unrichtig gehende Uhr damit zu beschwichtigen vermochte, daß die Sonne und nicht die Uhr daran schuld sei. Freilich kann eine richtig gehende Uhr nicht mit der Sonne gehen, und der Mittag, den sie zeigt, wird nur in seltenen Fällen wirklich die Mitte des Tages sein und die Zeit zwischen Auf- und Untergang der Sonne in zwei gleiche Hälften teilen dürfen. Die Ursache liegt einfach in der Ungleichheit der Sonnentage. Ich habe schon darauf aufmerksam gemacht, daß die Sonne sich nicht gleichförmig in ihrer Bahn bewegt. Die größte Geschwindigkeit zeigt sie im Januar, die geringste im Juli. Der Gedanke liegt nahe, daß diese Unterschiede in der Geschwindigkeit auch mit Unterschieden in der Entfernung zusammenhängen; denn wir wissen ja, daß ein bewegter Gegenstand, ohne wirklich seine Geschwindigkeit zu ändern, doch in verschiedener Entfernung gesehen, scheinbar verschiedene Geschwindigkeit zeigt. In der That ist etwas Ähnliches bei der Sonne der Fall. Wenn man nämlich mit Hilfe eines guten Mikrometers von Tag zu Tag die Sonnenscheibe mißt, so wird man finden, daß ihr Durchmesser fortwährenden Veränderungen unterliegt, daß er sich namentlich im Winter größer zeigt als im Sommer. Wir werden daraus leicht den Schluß ziehen, daß die Sonne sich nicht in einem Kreise, sondern in einer elliptischen Bahn bewegt, und daß die Erde nicht in der Mitte, sondern im Brennpunkt derselben stehen muß. Die beiden Endpunkte der großen Achse dieser Ellipse, in welcher die Sonne ihre größte und geringste Entfernung von der Erde erreicht, werden darum auch als Erdnähe und Erdferne oder als Perigäum und Apogäum bezeichnet.

Übrigens ist es die Verschiedenheit der Entfernungen nicht allein, welche die Verschiedenheiten in der Geschwindigkeit des Sonnenlaufs bedingt. Es besteht nicht bloß eine scheinbare, sondern auch eine wirkliche Beschleunigung und Verzögerung derselben. Wir wissen ja, daß wir uns den scheinbaren Lauf der Sonne am Himmel in Wirklichkeit als die Wirkung einer Bewegung der Erde um die Sonne vorzustellen haben, und daß jene elliptische Gestalt der Sonnenbahn in Wirklichkeit der Erdbahn zukommt.

Wenn es nun, wie ich es später erklären will, die Anziehung der Sonne ist, von welcher die Bewegung der Erde abhängt, so versteht es sich von selbst, daß diese Anziehung auch in größerer Nähe kräftiger wirken, den Lauf der Erde beschleunigen muß, und daß diese daher wirklich im Winter schneller auf ihrer Bahn forteilen muß als im Sommer.

Aber auch diese Ungleichheiten in der Geschwindigkeit des Sonnenlaufes bilden nicht die einzige Ursache der verschiedenen Länge der wahren Sonnentage. Eine ganz ähnliche Wirkung, mit deren Einzelheiten ich den Leser aber für jetzt nicht behelligen will, wird noch durch die Schiefe der Ekliptik hervorgerufen. Gleiche Tageslängen würde uns also nur eine Sonne gewähren können, welche sich einerseits gleichförmig in einer kreisförmigen Bahn bewegte, deren Bahnebene andererseits aber auch mit dem Äquator zusammenfiele. Da eine solche Sonne nun nicht

in Wirklichkeit existiert, so hat sie der Astronom sich erdichtet, freilich nicht durch die Kraft seiner Phantasie, sondern durch die Rechnung, und diese erdichtete Sonne ist es, welche unsre mittlere Zeit bestimmt, und deren festgestelltem Lauf unsre heutigen Uhren folgen.

Es kann für den Astronomen natürlich keine Schwierigkeit haben, den Lauf dieser beiden Sonnen miteinander zu vergleichen und dadurch seine Uhr zu regulieren. Den Meridiandurchgang der wahren Sonne kann er unmittelber beobachten, den der erdichteten lehrt ihn die Rechnung finden. Er wird durch diese Vergleichung finden, daß wahre und mittlere Zeit nur viermal im Jahre genau zusammenfallen, und zwar am 15. April, 15. Juni, 31. August und 25. Dezember. In den Zwischenzeiten eilt die mittlere Zeit der wahren voran vom 25. Dezember bis 15. April und vom 15. Juni bis 31. August, bleibt aber hinter ihr zurück vom 15. April bis 15. Juni und vom 31. August bis 25. Dezember. Der größte Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Zeit findet in dem ersten Abschnitt am 11. Februar statt und erreicht 14 Minuten 34 Sek., in dem zweiten Abschnitt erreicht dieser Unterschied nur 3 Minuten 54 Sek. am 14. Mai, in der dritten Periode 6 Minuten 15 Sek. am 26. Juli, in der vierten Periode endlich steigt dieser Unterschied auf 16 Minuten 20 Sek. am 2. November. Es läßt sich natürlich für jeden Tag im Jahre diese Abweichung der wahren von der mittleren Zeit bestimmen und man nennt sie die Zeitgleichung. Die nachstehende kleine Tafel gibt mit aller für das praktische Leben notwendigen Genauigkeit die Zeitgleichung für jeden fünften Tag des Jahres an. Man ersieht nämlich aus dieser Tafel, was eine nach mittlerer Zeit richtig gehende Uhr in dem Augenblicke zeigen muß, wenn die Sonnenuhr 12 Uhr hat, also der wahre Mittag eingetreten ist. Streng genommen hat diese Zeitgleichung nicht für jedes Jahr denselben Wert und erfordert alljährlich eine neue mühsame Berechnung, da nämlich jene Punkte der Sonnenbahn, die wir als Perigäum und Apogäum bezeichneten, und die von so bedeutendem Einfluß auf die Unregelmäßigkeiten des Sonnenlaufs sind, alljährlich ihre Lage in der Bahn etwas verändern. Wenn es also auf die größte Genauigkeit ankommt, so muß man sich der für jeden Tag des Jahres scharf berechneten Werte der Zeitgleichung bedienen, wie sie in den astronomischen Ephemeriden angegeben sind.

Mit Hilfe dieser Tafel der Zeitgleichung, sagte ich, wird es uns leicht werden, den Gang unsrer Uhren zu regulieren. Wir haben zu diesem Zwecke zunächst den wahren Mittag, d. h. den wahren Meridiandurchgang der Sonne zu beobachten, und dazu brauchen wir weder Fernrohre noch Meridianinstrumente. Nicht einmal eine vollständige Sonnenuhr haben wir nötig, obgleich auch deren Anfertigung keine große Kunst erheischt. Freilich müssen wir uns eine genaue Kenntnis von der Richtung des Meridians verschaffen, aber dazu genügt schon die bloße Beobachtung eines Schattens, welchen die Sonne verursacht.

Man ziehe, um dies zu erklären, auf einer ebenen Fläche eine Anzahl konzentrischer Kreise, stelle dann in dem Mittelpunkt derselben einen senkrechten Stab auf und beobachte einige Stunden vormittags den Schatten dieses Stabes.

Tafel der Zeitgleichung.

Tag.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr. Min.	Tag.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr. Min.	Tag.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr. Min.
Jan. 1	12 3,8	Mai 1	11 57,0	Sept. 3	11 59,3
6	12 6,1	6	11 56,4	8	11 57,6
11	12 8,2	11	11 56,1	13	11 55,9
16	12 10,1	16	11 56,1	18	11 54,1
21	12 11,6	21	11 56,3	23	11 52,4
26	12 12,9	26	11 56,7	28	11 50,7
31	12 13,7	31	11 57,3		
Febr. 5	12 14,3	Juni 5	11 58,1	Okt. 3	11 49,1
10	12 14,5	10	11 59,0	8	11 47,6
15	12 14,4	15	12 0,1	13	11 46,3
20	12 14,0	20	12 1,1	18	11 45,3
25	12 13,3	25	12 2,2	23	11 44,4
		30	12 3,2	28	11 43,9
März 2	12 12,4	Juli 5	12 4,2	Nov. 2	11 43,7
7	12 11,3	10	12 5,0	7	11 43,8
12	12 10,0	15	12 5,6	12	11 44,3
17	12 8,5	20	12 6,0	17	11 45,1
22	12 7,1	25	12 6,2	22	11 46,3
27	12 5,5	30	12 6,1	27	11 47,8
				Dez. 2	11 49,6
April 1	12 4,0	Aug. 4	12 5,8	7	11 51,6
6	12 2,5	9	12 5,3	12	11 53,9
11	12 1,1	14	12 4,5	17	11 56,3
16	11 59,8	19	12 3,4	22	11 58,8
21	11 58,7	24	12 2,2	27	12 1,3
26	11 57,7	29	12 0,8	31	12 3,2

Man wird nun finden, daß der Schatten sich allmählich verkürzt, daß seine Spitze einen der Kreise nach dem andern berührt. Bezeichne man sich nun genau die Punkte, in welchen die Kreise von der Schattenspitze berührt werden, und beobachte dann wieder einige Stunden nachmittags die Augenblicke, wo der sich verlängernde Schatten des Stabes wieder mit seiner Spitze dieselben Kreise berührt. Wenn man sich auch diese Punkte genau bezeichnet hat, so darf man nur die Kreisbögen zwischen den zwei bezeichneten Punkten jedes dieser Kreise halbieren, und diese Halbierungslinie wird genau die Lage des Meridians angeben. So oft dann der Schatten des Stabes mit dieser Linie zusammenfällt, kann man sicher sein, wahren Mittag zu beobachten. Die Tafel der Zeitgleichung sagt uns endlich für jeden beliebigen Tag, wie viel Minuten und Sekunden wir zu 12 Uhr hinzufügen oder davon abzuziehen haben, um zu wissen, welche Zeit unsrer Uhr in dem Augenblicke des wahren Mittags zeigen muß, wenn sie genau nach mittlerer Zeit gehen soll.

Wir sind nun dem Laufe der Sonne gefolgt, soweit es für unsre Zwecke ratsam schien, und wir können uns nun zum letzten Gegenstande unsrer vorbereitenden Betrachtung wenden, dem Gebrauche, den der Astronom von diesem

Sonnenlauf für seine Ortsbestimmung der Gestirne macht. Dieser Sonnenlauf ist allerdings nicht frei von mancherlei Unregelmäßigkeiten und Veränderungen, die ich teils bereits hervorgehoben, teils vorübergehend angedeutet habe. Der Leser wird aber schon gemerkt haben, daß alle diese Veränderungen im Bereiche der astronomischen Beobachtung und, da auch ihr ursächlicher Zusammenhang der wissenschaftlichen Forschung nicht entzogen ist, auch im Bereiche der astronomischen Rechnung liegen. Darin liegt also kein besonderes Hindernis. Sehen wir nun weiter zu, welcher Art eigentlich der Dienst war, den die Linie des Sonnenlaufs am Himmel leisten sollte.

Wir hatten ein Netz über das Himmelsgewölbe ausgespannt, um mit seiner Hilfe die gegenseitige Lage der einzelnen Sterne zu bestimmen. War dies uns nur ein einziges Mal gelungen, so hindert uns weder die Bewegung des Himmels im Laufe des Tages noch seine Veränderung im Laufe des Jahres, jeden Stern zu beliebiger Zeit wiederzufinden. Denn derselbe Himmel kehrt alltäglich zur selben Stunde wieder, und nur in der Sichtbarkeit wechseln die Gegenden des Himmels von Tag zu Tag. Kennen wir die Stunde des Sterntages, so kennen wir auch die Lage des Himmels. Es kommt also darauf an, für eine erste Stunde die Sternörter festzusetzen, oder mit andern Worten, einen ersten Stundenkreis zu finden, auf den alle übrigen bezogen werden können. Wir nahmen indessen davon Abstand, den Stundenkreis irgend eines glänzenden Sternes zu diesem Zwecke zu wählen, weil wir die Befürchtung hegten, daß jede Veränderung, jede eigne Bewegung desselben, sich zugleich den übrigen Sternen mitteilen müßte, und wir also darauf zu verzichten hätten, eigne Bewegungen andrer Sterne in das Bereich unsrer Beobachtung zu ziehen. Wir hatten vielmehr die Absicht, einen Punkt außerhalb jener Sternenwelt zu suchen, der, wenn auch selbst vielleicht nicht ganz unveränderlich, doch seine Veränderungen immer nur gleichmäßig auf die Gesamtheit der Sterne übertragen könne. Sollte uns auch das nicht gelungen sein, so wird doch auf diese Weise die Wahl unsres festen Punktes vor

Sternbild der Fische mit dem Frühlingspunkt.

dem übeln Schein der Willkür und Zufälligkeit bewahrt, und das ist in der That der Gesichtspunkt, durch den die Astronomen in ihrer Wahl bestimmt worden sind. Eine Einigung über die Wahl eines Sternes als Anfangspunkt der Stundenkreise wäre kaum vorauszusehen gewesen, und so mußte man von früh an darauf denken, irgend einen astronomisch ausgezeichneten Punkt des Äquators zu diesem Zwecke auszuwählen. Ein solcher Punkt hat sich uns nun durch den Durchschnitt jener scheinbaren Bahn der Sonne, der Ekliptik, mit dem Himmelsäquator ergeben. Der Kolur der Nachtgleichen soll unser erster Stundenkreis sein, der Frühlingsnachtgleichenpunkt aber soll uns jenen festen Punkt abgeben, auf welchen wir die Stundenkreise der Sterne beziehen wollen, nämlich den Anfangspunkt der Rektaszensionen. Es wird also jetzt vorzugsweise nur darauf ankommen, daß wir im stande sind, mit großer Genauigkeit sowohl die Lage dieses Punktes als den Augenblick zu bestimmen, in welchem der Mittelpunkt der Sonne ihn passiert.

Der Frühlingspunkt ist nun freilich noch weniger als der Pol des Himmels durch einen glänzenden Stern bezeichnet, und nur annähernd finden wir seine Richtung, wenn wir eine gerade Linie vom Polarstern durch den westlichen Hauptstern der Kassiopeja ziehen. Diese Linie führt uns auf eine sehr sternenarme Gegend des Himmels im Sternbilde der Fische. Genauer wird uns seine Lage durch den Lauf der Sonne bezeichnet. Um zunächst den Zeitpunkt zu erhalten, in welchem die Sonne durch den Frühlingspunkt geht, bedarf es nichts weiter, als daß man an zwei Mittagen vor und nach diesem Durchgang die Höhe der Sonne im Meridian mißt.

Nehmen wir den Fall an, man finde etwa durch eine solche Beobachtung am Meridiankreise, daß der Sonnenmittelpunkt am Mittag des 20. März noch eine gewisse Zahl von Minuten und Sekunden südlich vom Äquator stand, also noch eine kleine südliche Deklination hatte, und beobachtet man dann am Mittag des 21. März eine kleine nördliche Deklination der Sonne, so kann man daraus zugleich die Zahl der Minuten und Sekunden ableiten, um welche die Deklination von einem Mittag zum andern zugenommen hat.

Aus dem Verhältnis der Deklination des einen Mittags zu dieser gesamten Zunahme läßt sich aber sehr leicht die Zeit berechnen, welche die Sonne gebraucht hat, um jene kleine Strecke bis zum Äquator zurückzulegen. Hat man aber die Zeit für den Durchgang der Sonne durch den Frühlingspunkt gefunden, so läßt sich auch der Ort des letzteren leicht bestimmen. Man hat nur außer dem Meridiandurchgange der Sonne an jenem 20. März auch den irgend eines Fixsternes zu beobachten.

Fiele in dem letzterwähnten Falle die Kulmination der Sonne genau mit ihrem Durchgange durch den Frühlingspunkt zusammen, so entspräche die Zeit, welche zwischen der Kulmination der Sonne und der des Fixsterns verstrichen ist, genau der Rektaszension des letzteren. Ist dies aber nicht der Fall, so muß man diese Rektaszension noch um diejenige Zahl von Minuten und Sekunden verringern, um welche sich die Rektaszension der Sonne bis zu ihrem Durchgange durch den Frühlingspunkt vergrößert hat. Diese Zunahme erfährt man aber sehr leicht,

wenn man den Meridiandurchgang jenes Sternes auch am folgenden Tage noch beobachtet. Er wird dann um einige Zeit später eintreten, und das ist die Zeit, um welche die Rektaszension der Sonne von einem Mittag zum andern zugenommen hat. Es ist also leicht, daraus auch die Zunahme innerhalb der Zeit bis zur Erreichung des Frühlingspunktes zu berechnen. Die Rektaszension des Fixsternes gibt aber die Lage des Frühlingspunktes für das betreffende Jahr an, d. h. den Winkel, welchen der Kolur der Nachtgleichen mit dem Stundenkreise jenes Sternes bildet. Ist die Lage des Frühlingspunktes und sein Meridiandurchgang aber einmal bestimmt, und hat man eine genau gehende Sternuhr einmal so gestellt, daß ihre erste Stunde mit jenem Meridiandurchgange beginnt, so bedarf es nur noch eines Blickes auf die Uhr, um die Rektaszension eines kulminierenden Sternes zu messen.

Der Tierkreis.

Sie sehen freilich, daß wir bei der Ortsbestimmung des Frühlingspunktes uns der Hilfe eines Fixsternes nicht ganz haben entschlagen können, daß also die möglichen Veränderungen, welche ein solcher erleiden kann, an dieser haften bleiben. Dennoch dürfen wir bei der Kleinheit dieser Veränderungen für die Sicherheit unsrer Ortsbestimmungen am Himmel völlig unbesorgt sein, wofern jene Bestimmung des Frühlingspunktes nicht für eine allzulange Zeit Geltung behaupten soll. Wohl aber können Zweifel gegen die Festigkeit unsres Anfangspunktes von andrer Seite drohen. Es fragt sich, ob die Lage der Sonnenbahn selbst am Himmel so unveränderlich ist, ob die Ekliptik den Äquator auch wirklich immer an demselben Punkte schneidet. Dieser Zweifel ist, wie wir sehen werden, in der That begründet genug.

In alter Zeit pflegte man den Lauf der Sonne am Himmel durch die Sternbilder zu bezeichnen, durch welche sie fortschreitet, und gab daher jener Region des Himmels den Namen des Tierkreises oder Zodiakus. Man betrachtete diese zwölf Sternbilder gleichsam als Häuser, in welche die Sonne nach und nach eintrat, und ihre Bezeichnung stand in innigem Zusammenhange mit den Jahreszeiten und den davon abhängigen Beschäftigungen des bürgerlichen Lebens. Der Frühlingspunkt lag zur Zeit der alten Griechen und Ägypter im Sternbild des Widders, der Herbstpunkt in dem der Wage; jenes Bild deutete auf das

Austreiben der Herden im Frühling, dieses auf die Gleichheit von Tag und Nacht. Bis auf den heutigen Tag haben sich jene Zeichen der Alten erhalten, nur haben sie ihre symbolische Bedeutung mit einer mathematischen vertauscht. Man teilt jetzt den ganzen Tierkreis in 12 gleiche Teile, für die man die Namen jener alten Sternbilder entlehnt hat, und jedes dieser sogenannten Himmelszeichen umfaßt genau 30 Grade. Man läßt noch heute den astronomischen Frühling mit dem Eintritt der Sonne in das Zeichen der Wage beginnen; man läßt die Sterne auch heute ihren höchsten Stand am Himmel im Zeichen des Krebses, ihren niedrigsten im Zeichen des Steinbocks erreichen. In ihrer Aufeinanderfolge, wie sie die Sonne durchwandert, sind diese Zeichen folgende:

♈ Widder, ♉ Stier, ♊ Zwillinge, ♋ Krebs, ♌ Löwe, ♍ Jungfrau,
♎ Wage, ♏ Skorpion, ♐ Schütze, ♑ Steinbock, ♒ Wassermann, ♓ Fische.

Diese Zeichen fallen aber keineswegs mit den alten Sternbildern zusammen, die ich dem Leser unter denselben Namen am Himmel zeigte. Der Frühlingspunkt liegt nicht mehr im Sternbilde des Widders, wie zur Zeit Hipparchs vor 2000 Jahren, sondern im Sternbilde der Fische; der Herbstpunkt liegt nicht mehr im Sternbilde der Wage, sondern in dem der Jungfrau. Ja es hat eine Zeit gegeben, und der symbolische Sinn der Benennungen mancher Tierkreisbilder deutet noch darauf hin, wo der Frühlingspunkt im Sternbilde des Stieres lag, welches darum das erste im Tierkreis der Ägypter und Assyrer war.

Diese eigentümliche Erscheinung, zufolge welcher der Frühlingspunkt sich im Laufe von 2000 Jahren allmählich um ein ganzes Zeichen, also um 30 Grade von Osten nach Westen in der Ekliptik verschoben hat, nennt man, je nachdem man sie auf den Äquator oder auf die Ekliptik bezieht, das Vorrücken (die Präzession) oder das Zurückweichen der Nachtgleichen.

Sie ward schon von Hipparch entdeckt, als dieser größte astronomische Beobachter des Altertums zur Aufstellung eines Sternenverzeichnisses die Örter von Fixsternen neu bestimmte und seine Resultate mit den früheren Beobachtungen von Timocharis und Aristyllus verglich. Er fand dabei, daß die Längen der Fixsterne in der Zwischenzeit jährlich um 50 Sekunden zugenommen hatten, während die Breiten unverändert geblieben waren. Sehr richtig schloß Hipparch aus der gleichen Größe der Längenzunahme für alle Sterne, daß die Ursache derselben nicht in den einzelnen Gestirnen, sondern in der Lage des Frühlingspunktes zu suchen sei, der jährlich um den Betrag von 50 Sekunden von Ost nach West, also gegen die Ordnung der Zeichen des Tierkreises, zurückschreite. Da ferner die Breiten der Sterne unverändert bleiben, so ist einleuchtend, daß die Ekliptik ihre Lage nicht verändert; jene Zunahme der Längen der Fixsterne muß demnach durch das Rückwärtsgehen des Äquators auf der Ebene der Ekliptik entstehen.

Es ist klar, daß infolge der Präzession der Frühlingspunkt nach und nach durch alle Sternbilder des Tierkreises wandern muß, und während er beispielsweise vor 4000 Jahren in den Hyaden des Stieres lag, wird er nach 4000 Jahren im Steinbock sein u. s. w. Die Bewegung des Äquators auf der Ekliptik, von der ich hier spreche, hat aber noch eine andre Bewegung zur Folge, nämlich

eine Umdrehung der Pole des Himmelsäquators um die Pole der Ekliptik. Man kann sich hiervon leicht an einem Himmelsglobus überzeugen, wenn man an Stelle des Äquators einen beweglichen Reifen anbringt und diesen mit einem senkrecht darauf stehenden Viertelkreise versieht, dessen freier Endpunkt den Pol des Äquators bezeichnet. Diese langsame Umdrehung des Pols des Äquators um den Pol der Ekliptik am Himmel, welche man auch als das platonische Weltjahr bezeichnet, ist die Ursache, daß unser heutiger Polarstern diesen Namen nicht für alle Zeiten tragen wird. Im Jahre 2700 vor Chr. lag der nördliche Himmelspol bei α im Drachen, dann näherte er sich mehr und mehr α im kleinen Bären (dem heutigen Polarsterne) und wird im Jahre 2120 seine größte Annäherung an diesen Stern erreicht haben. Von dieser Zeit an entfernt sich der Pol wieder von dem genannten Sterne und tritt in die Konstellation des Cepheus, so daß 4100 Jahre nach Chr. γ im Cepheus Polarstern ist. Hierauf wird der Stern α derselben Konstellation, und nach weiteren Jahrtausenden α im Schwan und Wega in der Leyer Anspruch auf den Namen Polarstern haben. Der südliche Himmelspol befindet sich gegenwärtig in einer öden, sternenarmen Gegend des Himmels; aber auch er wird nach vielen Jahrtausenden einen hellen Polarstern erhalten, und zwar Kanopus, nach dem Sirius der hellste Fixstern des Himmels. Die Dauer eines Umschwungs der Pole des Äquators um diejenigen der Ekliptik beträgt nahezu 25 800 Jahre.

Die Lage des Frühlingspunktes im Jahre 2170 v. Chr.

Heutige Lage des Frühlingspunktes.

Infolge der rückgängigen Bewegung der Äquinoktien gebraucht die Sonne nicht so viel Zeit, um wieder zum Frühlingspunkte zu gelangen, als sie bedarf, um einen bestimmten Fixstern zu erreichen, weil der Frühlingspunkt ihr ja eine

kleine Strecke Weges entgegen kommt. Die Zeit, welche verfließt, bis die Sonne, vom Frühlingspunkte ausgehend, wiederum diesen Punkt erreicht, wird das **tropische Jahr** genannt, und sie ist um so viel kürzer als das **siderische Jahr**, d. h. die Rückkehr der Sonne zum selbigen Fixsterne, als die Sonne an Zeit gebraucht, um den Bogen von $50^1/_4$ Sekunden zu durchlaufen, also um 20 Minuten 23 Sekunden. Infolge verschiedener Umstände, die wir später näher berühren werden, ist die Länge des tropischen Jahres kleinen Schwankungen unterworfen; gegenwärtig nimmt sie um $\frac{6}{1000}$ Sekunden jährlich ab. Die mittlere Dauer des tropischen Jahres beträgt 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 45 Sekunden. Die Entdeckung Hipparchs trug vielleicht nicht wenig dazu bei, den alten Glauben an das kristallene Himmelsgewölbe zu erschüttern. Aber auch unser Glaube an die Festigkeit und Sicherheit unsrer Ortsbestimmungen am Himmel scheint damit erschüttert, und die Kenntnis des ursächlichen Zusammenhanges, durch welche diese Erscheinung in den Bereich der Rechnung gebracht wird, kann allein im stande sein, uns die Ruhe am Himmel wieder zu geben. Denn Unsicherheit würde uns auf unsrer Wanderung durch den Himmel ebenso gefährlich werden, wie eine schlechte Karte dem Schiffer auf offener See, und das leiseste Schwanken jenes Ruhepunktes unsrer Beobachtungen würde für uns ein Irrlicht werden, wie es den Wanderer in Sümpfe lockt. Wer die Geheimnisse der Weltenordnung ergründen und den verschlungenen Pfaden der Sterne folgen will, der muß gewiß sein, daß auch die geringste Veränderung in der Stellung der Welten seinen Beobachtungen und Messungen nicht entgehen kann.

Um den Leser den ursächlichen Zusammenhang jener bedeutsamen Erscheinung des Vorrückens der Nachtgleichen erklären zu können, muß ich ihn zuvor bitten, den Schein mit der Wirklichkeit zu vertauschen, d. h. an die Stelle des scheinbaren Laufes der Sonne am Himmel die wirkliche Bewegung der Erde in ihrer elliptischen Bahn um die Sonne zu setzen. Wir werden dadurch keine wesentliche Verwandlung in unsern Vorstellungen erfahren. Die Ungleichheiten der Geschwindigkeit, die Unterschiede der Entfernungen, die Einwirkungen auf die Jahreszeiten werden dieselben bleiben. Nur werden wir manche Namen vertauschen, an die Stelle des Apogäums und Perigäums z. B. die des Apheliums und Periheliums, der Sonnenferne und Sonnennähe, zu setzen und die Schiefe der Ekliptik als eine geneigte Stellung der Erdachse gegen die Ebene der Erdbahn aufzufassen haben. Daß die verschiedene Stellung der Sonne am Himmel nur eine Wirkung der verschiedenen Stellung der Erde in ihrer Bahn, gleichsam eine Verrückung ihres Standpunktes, den die Erde mit sich trägt, ist, das gehört ja gegenwärtig zu den Alltagsüberzeugungen. Will der Leser sich aber nicht damit begnügen, verlangt er durchaus in wissenschaftlicher Zweifelsucht Beweise für diese Lehre, so verspreche ich ihm noch im Laufe dieses Kapitels Beweise von unwiderstehlicher Kraft zu verschaffen.

Die Veränderung, welche sich bei dem Vorrücken der Nachtgleichen zeigt, geht offenbar nur den Äquator und die Ekliptik an, also Linien, welche erst von der Erde auf den Himmel übertragen und durch die Bewegungen der Erde um ihre Achse und auf ihrer Bahn um die Sonne hervorgerufen wurden.

Die Bahn der Erde um die Sonne und die Jahreszeiten.

Daher liegt es nahe, auch ihre Ursache nur in dieser Bewegung der Erde, d. h. in den Wechselbeziehungen zwischen Sonne und Erde zu suchen. Die einfachste und erste Kraft, welche hier thätig ist, wie überall, soweit die Materie reicht, ist die, welche wir als Schwere zu bezeichnen pflegen, d. h. die gegenseitige Anziehung aller Körperteile je nach ihrer Entfernung. Diese Kraft nun ist es, mit welcher die Sonne so mächtig auf unsre Erde wirkt, und mit welcher sie natürlich die ihr zugewandten Teile der Erdoberfläche stärker anzieht als den Mittelpunkt, diesen wieder viel stärker als die entfernteren Teile der abgewandten Erdhälfte. Die Gesamtwirkung der Sonnenanziehung können wir also einfach dahin bezeichnen, daß die Sonne die nächstliegenden Teile der Erde zu sich hinzuziehen, die entferntesten von sich abzustoßen sucht, wobei, wohlverstanden, die Abstoßung nur in einer überwiegenden Anziehung der zugewandten Erdhälfte und dadurch angestrebten Trennung derselben von der entfernteren Erdhälfte besteht.

Wäre die Erde eine Kugel, so würde die Folge dieser Anziehung nichts weiter als die bekannte Erscheinung der Ebbe und Flut sein. Aber die Erde ist eine an den Polen abgeplattete Kugel, ein orangenförmiges Sphäroid, und ihr Äquator befindet sich überdies wegen der geneigten Stellung der Achse zur Ekliptik, außer in den Nachtgleichen, niemals in einer Ebene mit der Sonne. Die Wirkung der Sonnenanziehung wird dadurch eine ganz andre. Denken wir uns (s. d. Figur S. 115) die Erde zur Zeit ihrer Wintersonnenwende, den Nordpol von der Sonne abgewandt, den Äquator, ihre Anschwellung, gleichsam über ihre Bahnebene erhoben. Die Sonne zieht offenbar diese Anschwellung stärker an als den Mittelpunkt und sucht ihn geradezu in die Bahnebene herabzuziehen. In der That müßte der Äquator allmählich mit der Ekliptik zusammenfallen, die Erdachse sich senkrecht auf die Bahn stellen, wenn die Umdrehung der Erde es nicht verhinderte. Diese Umdrehung behauptet aber die Richtung ihrer Achse unveränderlich, ähnlich einem tanzenden Kreisel auf einem Tische, den wir bald nach der einen, bald nach der andern Seite neigen. Die Umdrehung der Erde entzieht also den Äquator der Anziehungskraft der Sonne, und so beschränkt sich die ganze Wirkung der letzteren darauf, jeden Punkt des Äquators etwas früher zum Durchschneiden der Ekliptik zu bringen, als es ohne sie geschehen wäre. Da nun dasselbe auch zur Zeit der Sommersonnenwende und überhaupt zu jeder Zeit, wenn auch schwächer, nur nicht in den Nachtgleichen, wo die Ebene des Erdäquators durch die Sonne geht, geschieht, so ist jene langsame Bewegung des Durchschnittspunktes des Erdäquators mit der Ebene der Ekliptik in einer der Umdrehung entgegengesetzten Richtung, die wir eben als das Vorrücken der Nachtgleichen bezeichneten, die unausbleibliche Folge.

Ähnlich wie die Sonne, nur noch ungleich kräftiger, wirkt der Mond auf das Vorrücken der Nachtgleichen ein. Zwar beträgt seine Masse kaum $^1/_{25\,000\,000}$ der Sonnenmasse, zwar vermag selbst seine 400 mal größere Nähe die Gesamtanziehung nur auf $^1/_{120}$ von der der Sonne zu erheben; aber was vorzugsweise das Vorrücken der Nachtgleichen bewirkte, das war ja nicht die Größe der Gesamtanziehung, sondern der Unterschied zwischen den Anziehungen auf die

nächsten und fernsten Teile der Erde, auf Oberfläche und Mittelpunkt. Dieser Unterschied wächst bei dem geringen Abstande des Mondes von der Erde und dem dadurch verkleinerten Verhältnisse zwischen diesem Abstande und dem Durchmesser der Erde, das fast = 50 : 1 ist, auf $^1/_{30}$ der ganzen Anziehung des Mondes; während es bei der Sonne, deren Abstand von der Erde zu ihrem Durchmesser sich fast wie 24 000 : 1 verhält, ungefähr $^1/_{12\,000}$ der ganzen Sonnenanziehung beträgt. Wenn also die gesamte Anziehung des Mondes auch nur $^1/_{120}$ von derjenigen der Sonne ausmacht, so übertrifft doch die Wirkung des hier allein in Betracht kommenden Teiles derselben und damit der Einfluß der Mondanziehung auf das Vorrücken der Nachtgleichen mehr als dreimal die Wirkung der Sonne.

Wir werden uns nun die Folgen dieser so natürlichen und doch so überraschenden Erscheinung klar machen können. Wegen der Achsendrehung der Erde ist weder die Neigung der Erdachse noch die des Äquators einer Veränderung unterworfen. Wir müssen es uns vielmehr so vorstellen, als ob der Äquator parallel mit sich selbst auf der Ekliptik fortgeschoben werde, als ob die Erdachse gleich einem wandernden Kreisel sich um den Pol der Ekliptik herumdrehe. Nun ist aber der Himmelsäquator nur die erweiterte Ebene des Erdäquators und der Himmelspol nur die verlängerte Richtung der Erdachse. Alle jene Bewegungen und Veränderungen werden sich darum auch am Himmel spiegeln. Der Himmelsäquator wird die Lage seiner Ebene und seiner Durchschnittspunkte mit der Ekliptik verändern, und mit dem ersten Punkte des Äquators, dem Frühlingspunkt, werden sich auch alle Abstände der Stundenkreise der Sterne, alle geraden Aufsteigungen ändern. Die Sonne wird in ihrem jährlichen Laufe den Frühlingspunkt etwas eher erreichen, als sie zu demselben Fixstern zurückgekehrt, und das tropische Jahr darum etwas kürzer werden als das siderische, welches die alten Ägypter ihrer Zeitrechnung zu Grunde legten. Auch der Pol des Himmels wird von Jahr zu Jahr ein andrer werden, und damit werden auch die Polabstände und Deklinationen der Sterne ab- und zunehmen. Freilich sind diese Veränderungen für unser gewöhnliches Maß außerordentlich klein. Die jährliche Bewegung des Frühlingspunktes beträgt ja nur etwa 50 Sekunden, und ein Zeitraum von 26 000 Jahren ist erforderlich, damit er den ganzen Lauf durch die Ekliptik vollendet. Die Zeit freilich macht auch das Kleine bedeutungsvoll. Allerdings ist der Gesamtanblick des Himmels ein unwandelbarer; der Stier, der dort im Nordosten aufgeht, mit seinen Hyaden und Plejaden, glänzte uns in der Kindheit eben so freundlich, und die Capella über

Wirkung der Sonnenanziehung auf die Erde.

ihm strahlte den Griechen vor zwei Jahrtausenden eben so hell als heute. Aber vor 4500 Jahren noch bezeichnete jener helle Stern im Drachen den Pol des Himmels, und unser Polarstern, der heute nur $1^1/_2$ Grad, vor 100 Jahren noch um mehr als zwei Grade vom Pole entfernt war, wird in späteren Jahrtausenden der funkelnden Wega weichen. Zu andern Zeiten werden dann die Sternbilder auf- und untergehen, wie einst den Ägyptern der Sirius alljährlich später aus den Strahlen der Morgensonne auftauchte. Wenn also einst die heilige Ziege des Jupiter, die Capella, auf die dunkelwogende Flut und die wilden Winterstürme des Schwarzen Meeres niederschaute, wenn man einst den Hyaden den Namen der Regensterne verlieh, weil man ihr Erscheinen am dämmernden Abendhimmel als regenbringend kennen gelernt hatte, so würde ein Naturvolk, wie das griechische, heute dieselben Deutungen auf ganz andre Gestirne, vielleicht auf Perseus und den Widder, übertragen müssen. Mit jener Änderung des Himmels, die wir als Vorrücken der Nachtgleichen bezeichneten, haben also die Sterne selbst ihre Bedeutung für den Menschen gewechselt.

Kreiselbewegung.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal das Wesen jener Erscheinung. Es bestand in einer allmählichen Verschiebung des Erdäquators in der Ebene der Ekliptik oder, was dasselbe ist, in einer mit der Bewegung eines tanzenden Kreisels zu vergleichenden Drehung der Erdachse. Der kleine Kreis, den der Himmelspol im Laufe der Jahrtausende beschreibt, die kleinen Veränderungen, welche die Abstände der Sterne vom Pol und vom Frühlingspunkt erleiden, sind nur die verkleinerten Abbilder dieser irdischen Veränderungen. So einfach sich also diese Erscheinung uns jetzt darstellt, so droht sie doch bei gründlicherer Forschung sich abermals zu verwirren.

Wenn die Einwirkung der Sonne vorzugsweise zur Zeit der Winter- und Sommersonnenwende jene Bewegung des Äquators und der Erdachse hervorbrachte, so war es ganz gleichgültig, welcher von beiden Polen der Sonne zugekehrt war, da die Einwirkung der Sonne lediglich dahin zielt, die gleiche Bewegung der Achse in gleicher Richtung zu erzeugen. Zur Zeit der Nachtgleichen dagegen, wo keiner der Pole der Sonne zugekehrt ist, kann auch die Anziehungskraft der Sonne kein Vorrücken der Nachtgleichen bewirken.

Die ganze Bewegung der vorrückenden Nachtgleichen muß sich daher sehr ungleich auf die Zeiten des Jahres verteilen, in den Sommer- und Wintermonaten viel schneller erfolgen, als in den dazwischen liegenden, und diese Unregelmäßigkeit in der Erscheinung ist es, die der Astronom das Wanken oder die Nutation der Erdachse nennt.

Viel bedeutender wird diese Unregelmäßigkeit noch in demjenigen Teile der

Erscheinung, welcher von der Anziehungskraft des Mondes ausgeht. Von ganz besonderem Einfluß ist hier die veränderliche Neigung der Mondbahn gegen die Ebene des Erdäquators. Der Mond bewegt sich nämlich nicht in der Ebene der Ekliptik, sondern in einer gegen dieselbe geneigten Bahn. Durch die ungleichförmige Anziehung der Sonne gegen Erde und Mond wird in betreff dieser Bahn eine ähnliche Erscheinung hervorgerufen, wie wir sie in dem Vorrücken der Nachtgleichen für den Erdäquator kennen lernten, d. h. der Durchschnittspunkt der Mondbahn mit der Ekliptik bewegt sich rückwärts in der letzteren so, daß er in $18^2/_3$ Jahren einen ganzen Umlauf vollendet.

Die Folge davon ist, daß in der einen Hälfte dieser Zeit die Mondbahn mehr, in der andern weniger gegen den Erdäquator geneigt ist, einmal sich der Lage c (s. d. beistehende Fig.), das andre Mal der Lage b nähert. Eine weitere Folge davon ist, daß in der einen Zeit die Anziehungskraft des Mondes den Erdäquator in geringerem Grade zur Ekliptik hinabzuziehen vermag, als in der andern, daß das dadurch bewirkte Vorrücken der Nachtgleichen also bald langsamer, bald rascher erfolgt. So muß sich also alle $18^2/_3$ Jahre in der Bewegung des Erdäquators wie in ihren Folgen, den Veränderungen des Poles und der geraden Aufsteigungen und Polabstände der Sterne, eine Reihe bedeutender Unregelmäßigkeiten zeigen, und dieses unregelmäßige Hin- und Herwanken des Poles nennt man die lunare Nutation. Die Nutation, das Wanken der Erdachse, hat sich zuerst gelegentlich der genauen Beobachtungen von Bradley gezeigt; ihre Größe ist nicht bedeutend, denn die sogenannte Nutationskonstante beträgt nach den neuesten Untersuchungen 9 Sekunden.

Wirkung der veränderlichen Neigung der Mondbahn auf die Erde.

Es sind aber die Wirkungen jener Kraft, mit welcher Sonne und Mond unsre Erde auf ihrer Bahn herüber und hinüberziehen, nicht die einzigen Störungen, denen der Astronom in der Ortsbestimmung der Gestirne begegnet; jene kleine Reise selbst, die wir alljährlich mit unsrer Erde durch den Weltraum machen, hinterläßt sichtliche Spuren am Himmel. Wir werden es bei irdischen Gegenständen begreiflich finden, daß ihre Beobachtung durch die Bewegung des Beobachters beeinträchtigt wird. Aber wir werden Bedenken tragen, bei der ungeheuren Entfernung der Fixsterne auch für diese solche Störungen für möglich zu halten. Wir haben ganz Recht, das Verhältnis ist hier in der That ein ganz andres bei aller Ähnlichkeit des äußeren Erfolges; es kommt hier eine Erscheinung ins Spiel, von welcher der Leser vielleicht noch keine Ahnung hat.

Wenn wir einmal unterwegs von einem heftigen Platzregen überfallen wurden, so haben wir oft schon die Bemerkung gemacht, daß, wenn wir einen Augenblick stehen blieben, die großen Regentropfen völlig senkrecht fielen, sobald

wir aber vorwärts eilten, dieselben uns entgegen zu kommen schienen. Am deutlichsten bemerkt man dies, wenn man in einem Eisenbahnwaggon fährt. Solange der Zug stille steht, fallen die Regentropfen senkrecht herab, setzt er sich aber in Bewegung, so scheinen sie uns schräg entgegen zu kommen. Man wird fragen, was diese triviale Bemerkung mit den Sternen zu thun habe. Mag sich auch die Erde immerhin vorwärts bewegen, die Sterne fallen doch nicht. Freilich fallen die Sterne nicht, aber das Licht, das sie uns sichtbar macht, fällt oder bewegt sich wenigstens geradlinig mit einer gewissen Geschwindigkeit von den Sternen zur Erde. Wird also durch das Zusammentreffen dieser beiden Bewegungen, der Erde und des Lichtstrahls, für den Lichtstrahl eine ähnliche Ablenkung bewirkt, wie für den Regentropfen, so muß, da wir gewohnt sind, stets in der Richtung des Lichtstrahls auch seine Quelle zu suchen, in der That eine scheinbare Ablenkung des Sternes von seinem wirklichen Orte am Himmel die Folge davon sein. Betrachten wir die nebenstehende Figur: das Auge des Beobachters in T befindet sich in Ruhe und es wird nun den Stern E in seiner wahren Richtung TE erblicken. Sobald sich aber der Beobachter gegen TA bewegt, wird sich diese Bewegung mit derjenigen des Lichtstrahls kombinieren. Um die hierdurch entstehende scheinbare Ablenkung desselben zu finden, braucht man bloß nach den Regeln der elementaren Mechanik das Parallelogramm TABC zu konstruieren, in welchem TC die Geschwindigkeit des Lichtstrahls in der Sekunde, BC die Geschwindigkeit der Erde in derselben Zeit ist. Die Diagonale BTe gibt dann die Richtung des Lichtstrahls, und ETe ist der Winkel der scheinbaren Ablenkung des Sternes von seinem Orte oder der sogenannte Aberrationswinkel.

Ablenkung des Lichtes.

Der englische Astronom Bradley war es, der vor etwa 140 Jahren die Entdeckung einer solchen Lichtabirrung an den Sternen machte, und ein unscheinbarer Zufall war es, der durch eine Gedankenverknüpfung, wie sie bei großen, scharfen Denkern häufig auftritt, ihn auf die Erklärung des natürlichen Zusammenhanges dieser Erscheinung führte. Er ließ sich einst auf der Themse in einem Boote rudern, welches einen kleinen Mast mit einer Fahne an der Spitze führte. Unterwegs ließ er einmal anhalten, um aus der Stellung der Fahne die Richtung des Windes zu erfahren. In dem Augenblicke, wo die Leute wieder mit ihren Rudern zu ziehen anfingen, bemerkte er, daß sich sofort die Stellung der Fahne änderte. Er fragte die Bootsleute nach der Ursache dieser Erscheinung und erhielt zur Antwort, daß sie das wohl schon hundertmal bemerkt hätten, daß aber doch weiter nichts daran sei. Bradley aber dachte nach und fand, daß doch etwas daran sei. Die Theorie der Lichtabirrung, eines der wichtigsten Förderungsmittel der heutigen Astronomie, war die Frucht dieses Nachdenkens.

Während die Erde durch ihre Bahn wandelt, wird das Licht der Sterne in der That gerade ebenso wie die Fahne auf Bradleys Boote abgelenkt. Die nachstehende Figur zeigt für die vier Bogen T T' T'' T''' der Erde in ihrer Bahn die entsprechenden Abirrungen e e' e'' e''' des Sternes E. In welcher Richtung sich die Erde auch bewegen mag, immer wird der scheinbare Ort eines Sternes, nach welchem wir schauen, nach der Richtung, in welcher die Erde sich bewegt, verrückt. Der jährliche Lauf der Erde prägt gleichsam sein kleines Abbild im scheinbaren Laufe jedes Sternes am Himmels aus, in Gestalt eines kleinen Kreises oder vielmehr einer kleinen, der Erdbahn gleichenden Ellipse. Dieser Kreis, den jeder Stern am Himmel alljährlich beschreibt, ist freilich sehr klein; sein Durchmesser beträgt kaum etwas über 40 Sekunden. Aber groß genug ist er immer noch, um den feinen Beobachtungsmitteln des Astronomen nicht zu entgehen, und diese Beobachtung hat die Lichtabirrung längst zur Thatsache erhoben.

Das Kleine am Himmel wächst durch seine Bedeutung zu gewaltig Großem heran. In diesen kleinen Ortsveränderungen der Sterne haben wir den versprochenen unumstößlichen Beweis für die Bewegung der Erde; durch sie ist die Hypothese der alten Astronomie zur absoluten Wahrheit erhoben. In diesen kleinen Veränderungen haben wir sogar ein Mittel, die Geschwindigkeit des Lichts zu messen, indem wir dieselbe mit der Geschwindigkeit der Erde vergleichen. Der Astronom kann mit der größten Sicherheit daraus schließen, daß die Geschwindigkeit des Lichts mindestens 10 000 mal so groß ist, als die Geschwindigkeit der Erde, daß sie 40 000 Meilen in der Sekunde beträgt.

Jährliche Ellipse eines Sternes infolge der Aberration.

Jetzt endlich, nachdem wir alle diese kleinen Veränderungen am Himmel, das Vorrücken der Nachtgleichen, das Schwanken der Erdachse und die Lichtabirrung in das Bereich der astronomischen Beobachtung und Berechnung gebracht haben, jetzt endlich haben wir eine feste Stellung gewonnen, oder vielmehr, was dasselbe sagen will, eine genaue Kenntnis der unbewußten Veränderungen unsrer eignen Stellung und damit die Möglichkeit erlangt, ihre störenden Einflüsse aus der Beobachtung wirklicher Bewegungen am Himmel zu entfernen. Jetzt endlich können wir mit ruhiger Zuversicht in den ewigen, unwandelbaren Himmel hinausschreiten, seine Reiche durchmessen, seine Ordnung erforschen, seine Bewegungen, seine Gesetze, seine Kräfte ergründen. Jetzt endlich sind wir zur Reise gerüstet. Wir haben sehen, haben beobachten gelernt, in der Beobachtung den Schein vom Wesen zu trennen. Wir haben es gelernt, ein starres Bild in eine lebendig

bewegte Landschaft umzuwandeln, und wir haben bereits die Erfahrung gemacht, daß in der Beobachtung von Veränderungen das eigentliche Wesen des Reisens enthalten sei. Noch wird der Leser sich des Versprechens erinnern, das ich ihm neulich gab, ihn ohne das Zimmer verlassen zu haben, eine bedeutende Reise durch den Himmelsraum machen zu lassen. Ich habe Wort gehalten. Ich habe ihm an den Ortsveränderungen der Sterne gezeigt, daß er gewandert ist — gebannt freilich an die Erde, ein schwankendes Schifflein im unendlichen Ozean des Himmels. Jetzt, nachdem unsre Reisevorbereitungen geschlossen sind, sollen wir nicht ferner an die Erde gebannt, von ihr in winzigem Kreise uns durch die Himmelslandschaft tragen lassen. Frei wollen wir schweifen von Stern zu Stern, schwimmend auf den Wellen des Lichtes oder getragen von den Schwingungen des Gedankens, und schauen, was menschlichem Auge zu schauen gestattet ist in dem Reiche der Unermeßlichkeit!

Das neue Observatorium auf dem Aetna.

Zweites Buch.

Die planetarische Welt.

Die Sternwarte zu Greenwich.

Erstes Kapitel.

Eine Mondnacht.

Abenddämm'rung wandte sich ins Helle
Herz und Geist auf einmal wurden froh,
Als die Nacht, die schüchterne Gazelle,
Bei dem Schein des Abendlöwen floh.

Wochen waren seit unsrer letzten Unterhaltung vergangen. Trübe Herbstwitterung hatte uns den Himmel verschlossen gehalten, zu dem wir uns erheben wollten. Ich sah diese Verzögerung nicht ganz ungern. Denn es stand uns ein großes Ereignis am Himmel bevor, und wie von der Beobachtung der Sonnen- und Mondfinsternisse die Sternkunde einst ihren Anfang nahm, so sollte in ähnlicher Weise eine Mondfinsternis auch den Beginn unsrer Wanderung durch die Himmelsräume bezeichnen.

Es war eine schöne, aber kalte Oktobernacht, die uns wieder vereinigte. Der Vollmond ergoß seinen bleichen Glanz über einen reinen Himmel, nur einzelne leichte Wölkchen wie in flüssiges Silber tauchend. Auf den Wellen des Flusses und in dem Laub der Bäume zitterte sein weißes Licht. Es wäre eine Nacht für den Dichter gewesen. Rings umgaben uns Gestalten, scharf hervortretend, wachsend in ihren Verhältnissen, aber farblos, wesenlos gleichsam und wie herausfordernd, ihnen Inhalt zu geben, sie mit Leben zu erfüllen. Uns aber fesselte die Wirklichkeit; wir harrten des Anblicks eines erhabenen Schauspiels am Himmel selbst. Und dieses Schauspiel begann. Wie ein leichter Rauch überflog es von Osten her die glänzende Mondscheibe. Bald folgte ein dunklerer grauer Schatten, der vom

Rande her langsam über die Mondscheibe fortschreitend ihre zahlreichen Flecken unserm Anblick entzog. Je weiter dieser Schatten fortrückte, desto mehr wich sein düsteres Grau einer roten Färbung, die endlich in ein dunkelglühendes Kupferrot überging, aus welchem die Mondflecken wieder hervortauchten. Jetzt nahte der Augenblick, wo auch das letzte Licht der Mondscheibe schwinden sollte. Noch einmal leuchteten in feierlicher Pracht die Gipfel am Westrande des Mondes mit reinem blauen Lichte; dann ward es Nacht. Ein unheimliches Dunkel verbreitete sich über die Erde, und düster schaute in seinem rötlichen Grau, wie von einem Flor überzogen, durch den bisweilen ein zarter, rosenfarbener Schimmer hervordrang, der Mond auf das Heer der am Himmel wieder aufgetauchten funkelnden Sterne.

Lassen wir diese Erscheinung das Zeichen sein, unter dem wir in den Himmel einziehen! — Nicht etwa weil wir noch, wie die Alten, an bedeutungsvolle Zeichen und Wunder glaubten, die in solchen Finsternissen geschähen, sondern weil sie uns das Zeichen einer nahen befreundeten Welt ist, einer Welt, die zwischen uns und jenem festen, ewigen Fixsternhimmel sich bewegt, in der es noch einen Wechsel von Licht und Schatten gibt und einzelne Körper durch ihre Stellung einander dem Auge des Menschen entziehen. Einem vielbewegten Leben, einer zahlreichen Weltenschar werden wir in jenen Nachbarräumen begegnen; aber ehe wir seine Wunder in der Nähe beschauen, wollen wir noch einen Blick auf seine Erscheinungen aus der Ferne werfen. Noch wird einige Zeit verfließen, ehe die ersten silbernen Strahlen des Mondes wieder hinter jener verdunkelten Scheibe hervorbrechen werden. Wir wollen diese Zeit benutzen, um Kunde einzuziehen von den Bewegungen dieser Nachbarwelten und um zum Verständnis des Vorgangs zu gelangen, der uns des freundlichen Mondlichtes solange beraubte!

Der Mond ist offenbar in einen Schatten getreten, und dieser Schatten kann kein andrer sein, als der unsrer eignen Erde. Das ist eine so einfache Erklärung, und doch bedarf sie zu einem richtigen Verständnis noch einer näheren Betrachtung des Mondlaufes selbst.

Der Mond geht wie die Sonne täglich auf und unter und rückt wie sie unter den Fixsternen von Westen nach Osten fort, und zwar so bedeutend, daß man es schon nach dem Verlaufe weniger Stunden bemerken kann. Daher geht er täglich fast eine Stunde später auf und durchläuft in ungefähr vier Wochen den ganzen Tierkreis. Genau gemessen beträgt die ganze Zeit, welche der Mond gebraucht, um zu demselben Fixstern des Himmels zurückzukehren, 27 Tage 7 Stunden 45 Minuten $11\frac{1}{2}$ Sekunden, und diese Zeit nennt man den wahren oder siderischen Monat. Während dieses Umlaufes am Himmel zeigt sich uns aber der Mond zugleich in jenen verschiedenen Lichtgestalten, welche man seine Phasen nennt. Diese Lichtgestalten des Mondes hängen offenbar mit seiner Stellung zur Sonne und Erde zusammen. Wir können das am besten aus der Abbildung auf S. 126 sehen, welche uns eine schematische Darstellung der Bahn des Mondes um die Erde gibt. Die Erde ist dabei freilich der größeren Deutlichkeit halber im Verhältnisse zum Durchmesser der Mondbahn zu groß gezeichnet. Die Sonne beleuchtet stets die eine Hälfte der Mondkugel, gerade wie sie die eine Hälfte unsrer Erde bestrahlt.

Die Phasen des Mondes.

Je nachdem nun diese beleuchtete Mondhälfte uns gegenüber zugewandt oder abgewandt wird, erblicken wir den Vollmond oder Neumond. Je nachdem wir aber den Mond mehr oder minder östlich oder westlich von der Sonne sehen, wird uns der Anblick einer Sichelgestalt des Mondes, des ersten oder letzten Viertels. Der Vollmond wird also nur eintreten, wenn der Mond der Sonne gegenüber steht, wenn er um Mitternacht durch den Meridian geht und sein Aufgang mit dem Untergange der Sonne zusammenfällt. Zur Zeit des Neumondes dagegen gehen Mond und Sonne zusammen auf und unter, und der Mond ist am Tage am Himmel, bei Nacht unter dem Horizonte, wie die Sonne. Zur Zeit des ersten Viertels steht der Mond bei Sonnenuntergang im Meridian, und sein Aufgang findet am Mittag, sein Untergang um Mitternacht statt, während zur Zeit des letzten Viertels das Gegenteil eintritt.

Der Mondschein und sein Wechsel.

Die Zeit, in welcher sich dieser Lichtwechsel vollendet, also die Zeit von einem Neumonde zum andern, fällt nicht ganz mit der Zeit zusammen, in welcher der Mond zu demselben Fixstern zurückkehrt. Der sogenannte synodische Umlauf des Mondes währt reichlich 53 Stunden länger als jener siderische, und zwar im Mittel 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten 2,9 Sekunden. Die Ursache dieser Verzögerung ist ganz dieselbe, aus welcher der Minutenzeiger unsrer Taschenuhr den Stundenzeiger nicht in einer Stunde, sondern erst $5^5/_{11}$ Minuten später einholt. Die Erde steht nämlich ebensowenig still als der Minutenzeiger, und wenn der Mond an den ursprünglichen Punkt des Himmels zurückkehrt, ist die Erde bereits ein Stück fortgerückt, und der Mond muß dies Stück nachholen, um wieder in die ursprüngliche Stellung zur Sonne zu kommen. Die Figur auf Seite 127 macht dies klar. Der Mond steht in L als Neumond, die Erde in T, und ersterer beginnt seinen Lauf um letztere. Nachdem er seinen ganzen Kreis vollendet hat, ist die Erde nach T' gerückt und der Mond steht in L', so daß die Linien L'T' und LT einander parallel sind. Der Mond hat aber jetzt noch nicht seine Stellung als Neumond, denn alsdann müßte die Linie T'L' über L' hinaus

verlängert auf die Sonne treffen, welche im Mittelpunkte der Erdbahn steht. Man sieht unmittelbar aus der Figur, daß die Linie T'L' nicht diesen Mittelpunkt treffen kann, sondern daneben vorbeigeht. Erst wenn der Mond in die Richtung T''L'' gelangt, steht er wieder mit Sonne und Erde in einer geraden Linie. Er muß also noch ein Stück über seinen ganzen Umlauf zurücklegen, ehe er wieder in dieselbe Lage gegen Sonne und Erde kommt, und um diesen weiten Bogen in seiner Bahn zu durchlaufen, gebraucht der Mond 2 Tage 5 Stunden, um welche demnach seine synodische Umlaufszeit länger ist, als seine wahre oder siderische. Versuchen wir es, ähnlich wie bei der Sonne, die Bahn des Mondes am Himmel dadurch zu verzeichnen, daß wir von Tag zu Tag seinem Laufe folgen und seine täglichen Örter mit einander verbinden, so werden wir allerdings finden, daß diese Bahn, wie bei der Sonne, einem größten Kreise entspricht. Wenn wir aber dieselbe Bestimmung bei mehreren aufeinander folgenden Umläufen des Mondes vornehmen, so werden wir uns bald überzeugen, daß eine so feste Bestimmung, wie sie durch die Ekliptik für die Sonnenbahn gegeben ist, für die Mondbahn unmöglich wird.

Unterschied der Dauer zwischen synodischer und siderischer Umdrehung.

Schon unsre gewöhnliche Beobachtung hat uns gezeigt, daß der Mond zu verschiedenen Jahreszeiten sehr verschiedene Höhestände am Himmel einnimmt, daß der Vollmond im Sommer niedrig, im Winter hoch steht, daß er in den Winternächten ungefähr da sich zeigt, wo die Sonne in den Sommertagen steht. Wir werden sogar gefunden haben, daß der Mond bisweilen bedeutend höher, als wir es je bei der Sonne bemerkt haben, am Himmel aufrückt, daß er aber auch zu andern Zeiten viel niedriger über dem Horizonte bleibt, als die Sonne bei uns in den kürzesten Tagen. Beobachten wir nun genauer, so werden wir bemerken, daß wenn der Mond einen Umlauf vollendet hat, er seinen neuen Umlauf niemals in derselben Bahn ausführt, sondern daß der größte Kreis dieser neuen Bahn eine ganz andre Lage am Himmel, namentlich eine ganz andre Neigung gegen den Äquator hat. Wir werden bemerken, daß sich diese Neigung ungefähr zwischen den Grenzen von $18^1/_2{}^0$ und $28^1/_2{}^0$ bewegt. Beziehen wir diese verschiedenen Bahnen des Mondes auf die Ekliptik, so werden wir freilich keine solchen Abweichungen beobachten. Wir werden finden, daß die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik im Laufe eines Jahres wesentlich unverändert bleibt und ungefähr $5^0 8' 40''$ beträgt. Es scheint also geradezu, als ob die Mondbahn sich

fortwährend in unveränderter Neigung rückwärts um die Achse der Ekliptik drehe. Wollen wir dieser eigentümlichen Bewegung einen bestimmteren Ausdruck verleihen, so werden wir mit Rücksicht auf die bereits erkannte Bewegung der Erde um die Sonne sagen müssen, daß der Mond sich in einer Ebene bewegt, die durch den Mittelpunkt der Erde geht und gegen die Erdbahn unter jenem Winkel von 5° 8' 40" geneigt ist. Über die besondere Form dieser Mondbahn werden wir sofort noch nähere Aufschlüsse erlangen, wenn wir Beobachtungen über die Größenunterschiede der Mondscheibe anstellen und daraus Schlüsse auf die verschiedenen Abstände des Mondes von der Erde ziehen. Dem bloßen Auge wird zwar der Unterschied in der Größe der Mondscheibe in den verschiedenen Stellungen des Mondes kaum bemerklich sein. Bekanntlich aber können wir mit Hilfe des Mikrometers außerordentlich genaue Messungen vornehmen, und diese Messungen haben in der That gelehrt, daß sich der scheinbare Durchmesser und also auch die wirkliche Entfernung des Mondes von der Erde beständig ändert, daß er in seiner größten Erdnähe, dem Perigäum, nur 48 950, in seiner größten Erdferne, dem Apogäum, aber 54 650 Meilen von dem Mittelpunkte der Erde absteht.

Scheinbare Größe der Mondscheibe in kleinster, mittlerer und größter Entfernung von der Erde.

Eine richtige Vorstellung von der Mondbahn erhalten wir also erst, wenn wir sie als elliptisch auffassen und die Erde in einem Brennpunkt dieser Ellipse denken.

Wir dürfen uns nun freilich nicht verhehlen, daß eine solche Vorstellung von der Mondbahn nur eine ganz allgemeine Gültigkeit hat, da der Mond eine so außerordentliche Veränderlichkeit zeigt, so unablässig seine Geschwindigkeit, wie die Lage und Gestalt seiner Bahn wechselt, daß die genaue Bestimmung des Mondlaufes zu den schwierigsten und zeitraubendsten Geschäften des Astronomen gehört. Der Mond selbst trägt allerdings nicht die Schuld daran. Liefe er allein um die Sonne, wie unsre Erde, so würde er eine geschlossene elliptische Bahn um sie beschreiben. Nun drängt sich aber die gewichtige Erde in seine Gesellschaft, lenkt ihn durch ihre Anziehungskraft aus seiner Bahn und zwingt ihn zu einer Bewegung um sie selbst. So kommt es denn zu einer gemeinsamen Bewegung beider Weltkörper um die Sonne, verbunden mit einer beständigen Drehung um einen gemeinsamen Schwerpunkt, so daß ihr Lauf einem walzerförmigen Tanze um die Sonne gleicht.

Ich sage: der Mond wird durch die Anziehungskraft der Erde gezwungen, sie selbst zu umkreisen. Nun ist uns bekannt, daß der Mond bei diesem Umlaufe um die Erde uns stets dieselbe Seite zuwendet, und obwohl gerade daraus mit Notwendigkeit folgt, daß der Mond genau in derselben Zeit, in welcher er seinen Umlauf um die Erde vollbringt, sich auch einmal um seine Achse drehen muß, so verursacht die Vorstellung von dieser Achsendrehung des Mondes doch so oft die größte Schwierigkeit. Es ist kaum zu begreifen, wie sonst unterrichtete Menschen nicht auf den Einfall kommen, daß, wenn der Mond sich nicht zugleich während seiner Umlaufsbewegung um seine Achse drehte, sondern sich stets parallel bliebe, wir doch notwendig nach jedem halben Umlaufe die entgegengesetzte Seite des Mondes uns zugewandt erblicken müßten. Die untenstehende Figur wird in dieser Beziehung jeden Zweifel lösen. Sie enthält ein Stück T T'' T^{IV} der Erdbahn und das entsprechende Stück der Bahn des Mondes. Nehmen wir an, die Erde befinde sich in T und auf der Mondscheibe bezeichne der Punkt A die Mitte.

Darstellung der Mondbewegung während eines Monats.

Dieser Punkt bleibt also auch stets in der Mitte der Scheibe. Lassen wir jetzt die Erde nach T' rücken, so hat der Mond ein Viertel seines Umkreises vollendet und A steht in der Mitte der Scheibe. Man sieht unmittelbar, daß sich letztere entsprechend gedreht haben muß, sonst könnte A nicht mehr auf der Mitte der Scheibe sichtbar sein, indem die Linie A T eine ganz andre Richtung hat als A T'. Lassen wir die Erde nach T'' rücken, so hat der Mond die Hälfte seines Umlaufes um dieselbe vollendet. Gleichzeitig hat aber auch der Punkt A eine halbe Umdrehung gemacht, denn er hat nun die entgegengesetzte Lage im Vergleiche zur Stellung in T. Wenn die Erde in T''' anlangt, so hat sich A mit der Mondscheibe abermals weiter gedreht und in T^{IV} endlich seine ganze Umdrehung vollendet. Die rotierende Bewegung des Mondes geht mit der größten Gleichmäßigkeit vor sich. Auf seinem Laufe durch die elliptische Bahn um die Erde wechselt aber der Mond infolge seiner verschiedenen Abstände von der Erde seine Geschwindigkeit beständig, und zwar nicht bloß scheinbar, sondern auch wirklich. Er bewegt sich langsamer in der Erdferne, rascher in der Erdnähe, und zwar dergestalt, daß seine Bewegung in der Erdferne für unsern Anblick nur etwa $^4/_5$ von der-

jenigen beträgt, die in der Erdnähe stattfindet. Eine Folge davon ist, daß wir wirklich von Zeit zu Zeit bald an dem einen, bald an dem andern Rande einen kleinen Teil der uns sonst abgewandten Mondseite erblicken. Diese Erscheinung, die man die Libration oder Schwankung des Mondes nennt, wird noch durch den Umstand vergrößert, daß einerseits die Drehung des Mondes um eine nicht genau senkrecht auf seiner Bahn stehende Achse erfolgt, und daß wir anderseits den Mond nicht vom Erdmittelpunkte, sondern von der Oberfläche der Erde, also einem für die geringe Entfernung des Mondes wirklich etwas erhöhten Standpunkte betrachten, von dem sich unser Blick nach einer Richtung hin also erweitert. Das Stück der jenseitigen Mondscheibe, das uns auf diese Weise zu Gesicht kommt, beträgt jederseits freilich nur etwa $^3/_{40}$ der ganzen, so daß uns immer noch $^{17}/_{20}$ jener Seite für immer verborgen bleiben.

Wir wollen noch einen Augenblick bei den Unregelmäßigkeiten des Mondlaufes verweilen. Einzelne dieser Veränderungen gehen rasch und gleichsam vor aller Augen vor sich, während andre so langsam erfolgen, daß sie erst nach Jahrtausenden und nur durch die genauesten astronomischen Beobachtungen bemerkbar werden. Zu den auffallendsten und raschesten Veränderungen gehören, wie ich schon bemerkte, die von der elliptischen Gestalt der Bahn herrührenden. Sie gleichen, wenn sie auch bedeutender sind, im allgemeinen denen unsrer Erde, die wir in dem scheinbaren Sonnenlaufe sich abspiegeln sehen. Auch die Anziehungen der Sonne und Erde bewirken infolge der Lage ihrer Bahnen in verschiedenen Ebenen, wie der verschiedenen Stellung der Mondachse gegen die Sonne, ganz ähnliche Erscheinungen wie dort, zunächst eine kleine Veränderung in der Lage der Mondbahn gegen die Erdbahn, ein Schwanken ihrer Neigung zwischen 5° und 5° 18', dann aber, was weit einflußreicher und auch dem bloßen Auge bemerklich ist, eine Veränderlichkeit der Knoten, d. h. der Durchschnittspunkte beider Bahnen. Diese Knoten zeigen, ähnlich dem Frühlingspunkt, eine rückgängige Bewegung in der Mondbahn und wandern, allerdings schneller als der Frühlingspunkt, in 18 Jahren 218 Tagen 21 Stunden $22^3/_4$ Minuten um den ganzen Himmel herum. Ebenso wechseln auch die Punkte der Mondbahn, in denen die Erdnähe und Erdferne eintritt, indem sie sehr rasch in der Bahn vorwärts rücken und bereits in 8 Jahren 310 Tagen 13 Stunden 49 Minuten einen ganzen Umlauf durch die Bahn vollenden. Was zunächst die rückgängige Bewegung der Knoten der Mondbahn anbelangt, so können wir uns von der Art und Weise wie diese Wirkung zustande kommt, durch folgende Betrachtung eine Vorstellung machen. Die Sonne befindet sich stets in der Ebene der Ekliptik und ihre Anziehung wirkt von hier aus nach allen Richtungen. Sie sucht demnach den Mond, wenn dieser sich nicht in dieser Ebene befindet, in dieselbe herabzuziehen, und beschleunigt also den Augenblick, in welchem der Mond den Durchschnittspunkt seiner Bahn mit der Ebene der Ekliptik erreicht. Der Mond erreicht also früher seinen Knoten und gleichzeitig unter einem stumpferen Winkel, die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik nimmt zu. Nachdem der Knoten passiert und der Mond auf die andre Seite der Ekliptik gekommen ist, wirkt die Anziehung der Sonne wieder

dahin, ihn der Ekliptik zu nähern, die Neigung der Mondbahn nimmt daher wiederum ab. Die mittlere Neigung der Mondbahn ist also unverändert und schwankt nur zwischen den oben angegebenen Grenzen, aber die retrograde Bewegung der Mondknoten erhält sich ununterbrochen. Sie ist allerdings nicht regelmäßig, sondern ihre Geschwindigkeit verändert sich je nach der Lage der Knotenlinie zu den Mondphasen; im Mittel beträgt sie jährlich $19^1/_3{}^0$.

Die fortschreitende Bewegung der Punkte der Mondbahn, in welcher die Erdnähe und Erdferne eintritt, oder der beide verbindenden Linie, der Apsidenlinie, ist ebenfalls auf die Einwirkung der Sonne zurückzuführen. Ohne Zuhilfenehmen mathematischer Entwickelungen ist es freilich schwierig, diesen Effekt zu begreifen. Denken wir uns, die Apsidenlinie der Mondbahn habe eine solche Lage im Raume, daß ihre Verlängerung genau auf die Sonne treffen würde, und gleichzeitig nähere sich der Mond dem Punkte seiner Erdnähe, dem Perigäum. Die Sonne wirkt nun durch ihre Anziehung so auf ihn, daß seine Entfernung von der Erde zunimmt; der Mond erreicht daher den Punkt seiner größten Erdnähe früher, als dies ohne Einwirkung der Sonne stattfinden würde, oder die Apsidenlinie schreitet zurück. In der Erdferne des Mondes, dem Apogäum, strebt die Anziehung der Sonne ebenfalls dahin, die Entfernung des Mondes von der Erde zu vergrößern; der Mond erreicht daher den Punkt seiner Erdferne später als bei der ungestörten Bewegung um die Erde, oder die Apsidenlinie schreitet nun vorwärts. Die Einwirkung der Sonne ist aber in diesem letzteren Falle bedeutender wie im ersteren, das Voranschreiten überwiegt die retrograde Bewegung beim Perigäum. Wenn die Apsidenlinie der Mondbahn nicht die hier angenommene Lage hat, sondern etwa die darauf senkrechte, also lotrecht zur Verbindungslinie von Sonne und Erde steht, so bewirkt die Anziehung der Sonne, wenn sich der Mond im Perigäum befindet, ein Vorwärtsschreiten der Apsidenlinie, im Apogäum

Die Bahn des Mondes in bezug auf die Sonne.

aber ein Rückwärtsgehen. In diesem Falle überwiegt die retrograde Bewegung und die Apsidenlinie schreitet zurück. Untersucht man an der Hand der Rechnung alle möglichen Fälle genau, so findet sich, daß im ganzen die Apsidenlinie eine fortschreitende Bewegung hat, doch ist dieselbe äußerst unregelmäßig und geht zeitweise in ein Rückwärtsschreiten über. Der mittlere jährliche Betrag des Vorangehens der Apsidenlinie des Mondes ist 40,7°.

Die zahlreichsten, wenngleich minder beträchtlichen Unregelmäßigkeiten des Mondlaufes hängen von der wechselnden Stellung des Mondes zur Erde und Sonne ab, also von denselben Verhältnissen, auf welchen die Erscheinung der wechselnden Lichtphasen des Mondes beruht. Eben deshalb aber werden sie von besonderer Bedeutung und können sich einer aufmerksamen Beobachtung kaum entziehen, um so mehr, da sie in Verbindung mit den Ungleichheiten des Erdlaufes in einem Mondwechsel auf einen halben Tag und darüber anwachsen können. Wäre der Mond uns Kalender, wie den Alten, so würden wir gefunden haben, daß die Vollmonde des Sommers stets geringere Zwischenzeiten haben als die des Winters. Mond und Erde stehen nämlich weder in gleichem Abstande von der Sonne noch in gleicher Richtung zu ihr. Die Anziehung der Sonne auf Erde und Mond muß darum sowohl ihrer Größe als Richtung nach verschieden wirken, und diese Verschiedenheit ist es, die der Astronom als Störung bezeichnet. Wir dürfen bei diesem Worte aber keineswegs an irgend eine Willkür, eine Unordnung oder Gesetzwidrigkeit denken. Die Störungen folgen mit derselben Notwendigkeit aus den allgemeinen Bewegungsgesetzen, lassen sich mit derselben Schärfe berechnen wie die Hauptbewegung selbst, und nur die verwickelten Verhältnisse erschweren diese Rechnung. Die Störungen des Mondlaufes sind also eigentlich nur Störungen oder, wenn wir wollen, Unbequemlichkeiten für die astronomische Rechnung.

Wir wollen nun den Lauf von Mond und Erde um die Sonne, den wir uns bildlich als einen gemeinsamen Tanz vorstellten, während eines Mondwechsels verfolgen und dabei namentlich die Stellungen beider Weltkörper gegeneinander und zur Sonne ins Auge fassen. Zur Zeit des Vollmondes finden wir zunächst Mond und Erde sich in gleicher Richtung bewegend, während zur Zeit des Neumondes beider Bewegungen entgegengesetzt gerichtet sind. Im Vollmonde aber steht zugleich der Mond weiter von der Sonne ab als die Erde; seine Bewegung um die Sonne erfolgt daher auch langsamer, er bleibt hinter der Erde zurück. Dieser Verzögerung der Mondbewegung muß aber zugleich auch eine Vergrößerung des Abstandes zwischen Mond und Erde entsprechen, da die nähere Erde stärker von der Sonne angezogen wird als der entferntere Mond. Entgegengesetzte Verhältnisse treten im Neumonde ein. Der Lauf des näheren Mondes um die Sonne erfolgt rascher als der der Erde, er eilt ihr voraus, aber freilich in einer der Bewegung des Mondes um die Erde entgegengesetzten Richtung. Die Gesamtbewegung des Mondes erscheint darum auch hier verzögert. Ebenso wird auch durch die stärkere Anziehung des näheren Mondes die Entfernung zwischen Mond und Erde vergrößert. In beiden Stellungen also, zur Zeit des Neu- und Vollmondes, oder in den Syzygien, wie man diese Phasen gemeinsam nennt, erfolgt

aus entgegengesetzten Ursachen die gleiche Wirkung: Verzögerung des Mondlaufes und Vergrößerung des Abstandes zwischen Mond und Erde. Zur Zeit der Mondviertel oder in den Quadraturen tritt dagegen eine andre Wirkung ein. Beide Weltkörper stehen gleich weit von der Sonne; nur die Richtung der Sonnenanziehung ist für beide verschieden. Der Zug der Sonne strebt sie einander zu nähern, die Wirkung der Erde auf den Mond wird dadurch verstärkt und die Mondbewegung daher beschleunigt. Die ganze Erscheinung, welche sich gleichsam als ein Bestreben auffassen läßt, der Mondbahn eine elliptische Gestalt zu geben, und die in der That mit den Folgen der elliptischen Bahnbewegung, von der sie übrigens ziemlich unabhängig ist, große Übereinstimmung zeigt, nennt man die Evektion, und sie ist die einzige Störung im Laufe der Himmelskörper, die bereits von einem Astronomen des Altertums, von Ptolemäus, vor zwei Jahrtausenden entdeckt wurde. Infolge der Evektion ist die Länge des Mondes zur Zeit des Voll- und Neumondes, also in den sogenannten Syzygien, um nahe 1° 15′ größer, als sie nach der reinen elliptischen, von der Sonne nicht beeinflußten Bewegung unsres Trabanten sein sollte. Umgekehrt ist sie in dem ersten und letzten Viertel, also zur Zeit der Quadraturen, um 1° 15′ kleiner. Der Name Evektion für diese Störung rührt von Tycho Brahe her.

Eine ganz ähnliche Störung wird aber noch zu andern Zeiten des Mondwechsels durch die Anziehung der Sonne bewirkt. In jener Zwischenzeit nämlich, wo die eine Mondphase in die andre übergeht und Sonne und Mond mit der Erde schiefe Winkel bilden, ist sowohl die Richtung der Sonnenanziehung wie ihre Stärke in bezug auf Mond und Erde verschieden. Die Folge davon ist, daß der Zug der Sonne den Mond etwas seitwärts verrückt und dadurch gleichfalls seinen Lauf teils beschleunigt teils verzögert. Wenn der Mond von der Konjunktion gegen das erste Viertel rückt, so vermindert sich infolge der Sonnenanziehung seine Winkelbewegung, sie nimmt aber wieder vom ersten Viertel bis zum Vollmonde zu; von da bis zum letzten Viertel nimmt sie abermals ab und wächst hierauf wieder bis zum Neumonde. Der wahre Ort des Mondes muß demnach im ersten Quadranten seiner Bahn dem elliptischen voraus sein, ebenso im dritten, während er in den beiden übrigen Quadranten hinter demselben zurückbleibt. Diese Störung, die eine Ortsveränderung des Mondes von 37 Minuten zur Folge haben kann, bezeichnet man als Variation, sie ist von Tycho Brahe um das Jahr 1590 entdeckt worden. Beide Störungen aber werden natürlich im Laufe des Jahres ganz verschiedene Größen erlangen, je nachdem die Erde in ihrer Bahn der Sonne näher oder ferner steht, und die Wirkung der Sonnenanziehung also mehr oder minder stark auf Erde und Mond ist. Zur Zeit der Erdnähe, also im Winter, werden diese Störungen weit beträchtlicher sein als zur Zeit der Erdferne, im Sommer. Die dritte der großen Ungleichheiten der Mondbewegung führt den Namen jährliche Gleichung, doch beträgt ihr größter Wert nur 11′; sie ist also weit kleiner als die Variation. Ihre Ursache ist die nicht genau kreisförmige Bahn der Erde. Weil unser Planet sich in einer Ellipse bewegt, so muß die störende Einwirkung der Sonne sich

fortwährend vermindern, während die Erde von der Sonnennähe zur Sonnenferne geht, und umgekehrt zunehmen, wenn unser Planet seine Sonnenferne erreicht hat und wieder dem Sonnennähepunkte zustrebt. Der störende Einfluß der Sonne auf die Mondbewegung äußert sich nun dadurch, daß, während die Erde dem Perihelium zueilt, die Mondbahn eine stufenweise Erweiterung erfährt, der Mond also sich mehr und mehr von der Erde entfernt; bewegt sich die Erde dagegen vom Perihelium zum Aphelium, so nimmt die störende Einwirkung der Sonne ab, und die Mondbahn verkleinert sich wieder. Diese Vergrößerung und Verringerung des mittleren Mondabstandes von der Erde, infolge der störenden Einwirkung der Sonne, würde sich durch direkte Messungen nur sehr schwer oder gar nicht mit Sicherheit nachweisen lassen, aber die Änderung der Bahndimensionen des Mondes zieht gleichzeitig eine Änderung der Umlaufszeit desselben nach sich, und diese ist es, die sich in den Beobachtungen mit Leichtigkeit nachweisen läßt. In der That beträgt die synodische Umlaufszeit des Mondes im Januar, wenn die Erde sich in ihrer Sonnennähe befindet, $29^3/_4$ Tage, ein halbes Jahr später indes, wenn die Erde das Aphelium erreicht hat, nur $29^1/_4$ Tage. Der Mond braucht daher in der ersten Epoche mehr Zeit um einen ganzen Umlauf zu vollbringen, als in der letzteren; seine mittlere Bewegung ist also in jener Periode langsamer wie in dieser, oder mit andern Worten, in der ersten Hälfte des Jahres wird die Länge des Mondes vermindert, in der zweiten um ebensoviel vermehrt.

Aus diesen Mitteilungen über die Unregelmäßigkeiten der Mondbewegung werden wir uns wenigstens überzeugt haben, daß die genaue Berechnung des Mondlaufes und solcher davon abhängiger Ereignisse, wie Sonnen- und Mondfinsternisse, nicht zu den leichtesten Arbeiten gehört. Freilich haben schon die Astronomen des Altertums solche Finsternisse vorausbestimmt, und diese Vorhersagungen waren es ja vorzugsweise, durch welche sich die Astronomie Achtung beim Volke erwarb. Aber diese Vorausbestimmungen waren keineswegs von der Zuverlässigkeit, wie wir sie jetzt bei astronomischen Verkündigungen gewohnt sind. Noch im 17. Jahrhundert konnte es sich ereignen, daß für Rom eine totale Sonnenfinsternis angekündigt wurde, während nur drei Viertel der Sonne sich verfinsterten, und zu Anfang des vorigen Jahrhunderts vermochte man Fehler von 45 Min. bei der Berechnung einer solchen Finsternis nicht immer zu vermeiden.

Die Finsternisse am Himmel beruhen darauf, daß ein Weltkörper durch einen andern beschattet wird. Mond und Erde sind beide an sich dunkle, nur von der Sonne beleuchtete Körper und werfen beide Schatten hinter sich, lang genug, um den andern Weltkörper zu erreichen. Die Länge des Erdschattens beträgt zwischen 182 000 und 189 000 Meilen, die des Mondschattens zwischen 49 000 und 51 000 Meilen. Wir sehen daraus, daß der Erdschatten mehr als dreimal über den Abstand des Mondes hinausreicht, während der Mondschatten freilich nur gegen die Zeit der Erdnähe die Erde erreichen kann. So oft der Erdschatten den Mond bedeckt, ereignet sich eine Mondfinsternis, so oft der Mondschatten über die Erde hinzieht, eine Sonnenfinsternis; denn die Beschattung ist für den beschatteten Körper ja nur eine Entziehung des Sonnenlichtes.

Die Verfinsterung kann eine partiale oder eine totale sein, je nachdem nur ein Teil des Schattens oder der ganze den verfinsterten Weltkörper trifft. Sie kann bei einer Sonnenfinsternis aber auch eine ringförmige Gestalt annehmen, wenn der Mond seiner Erdferne nahe steht, sein Schatten die Erde also nicht mehr wirklich berührt, sondern nur darüber hinschwebt, und die Mondscheibe daher zugleich, wenn sie vor die Sonne tritt, einen kleinern scheinbaren Durchmesser zeigt als die Sonnenscheibe. Die nachstehenden Abbildungen können als Schema für eine allgemeine theoretische Darstellung der Sonnen- und Mondfinsternisse dienen.

Entstehung einer totalen Sonnenfinsternis für einen bestimmten Erdort.

Da Mond und Erde einander offenbar nur dann beschatten können, wenn sie in einer geraden Linie mit der Sonne stehen, so könnte es scheinen, als ob ihre Verfinsterungen zur Zeit jedes Neumondes und Vollmondes sich ereignen müßten.

Entstehung einer ringförmigen Sonnenfinsternis für einen bestimmten Erdort.

Das würde in der That der Fall sein, wenn die Mondbahn keine oder doch nur eine geringe Neigung gegen die Erdbahn hätte. Wir haben aber gesehen, daß diese Neigung der Mondbahn nicht ganz unbeträchtlich ist, und so wird es kommen, daß die meisten Vollmonde über oder unter dem Erdschatten, die meisten Neumonde nördlich oder südlich von der Sonne vorbeiziehen. Nur wenn der Mond zur Zeit dieser Phasen zugleich in die Ebene der Erdbahn oder in ihre

Nähe tritt, wenn er also sich zugleich in seinem Knoten oder diesem nahe befindet, stellt sich eine solche Finsternis ein. Wäre nun die Lage dieses Knotens fest, so würde sich immer noch eine gewisse Regelmäßigkeit in dem Erscheinen der Finsternisse zeigen; sie würden alljährlich zu denselben Jahreszeiten, wenn auch nicht genau an denselben Tagen eintreten. Bei der bekannten Veränderlichkeit der Mondknoten aber wird zur Vorherbestimmung der Finsternisse eine genaue Berechnung dieser Knotenbewegung erfordert. Wenn die Alten ohne den Besitz unsrer heutigen Sonnen- und Mondtafeln dennoch solche Vorausbestimmungen und, wie wir aus der Geschichte wissen, mit Glück unternahmen, so verdankten sie dies ihren fleißigen und jahrhundertelangen Beobachtungen. Schon den alten Babyloniern, die, wie wir wissen, aufmerksame Himmelsbeobachter waren, entging es nicht, daß nach 18 Jahren und 10 bis 11 Tagen die Finsternisse nahe in derselben Reihenfolge wieder eintreten. Sie nannten diese Periode Saros, aber da sie nur annäherungsweise gilt, so kam es vor, daß eine danach bestimmte Finsternis ausblieb oder eine nicht vorhergesehene plötzlich eintrat. Die Ursache jener achtzehnjährigen Finsternisperiode ist in folgendem Umstande zu suchen. Die durchschnittliche Zwischenzeit von einem Neumonde zum andern, der sogenannte synodische Monat, beträgt 29 Tage $12^{3}/_{4}$ Stunden, so daß ein Sonnenjahr 12 synodische Monate + 11 Tage umfaßt. Es würde also, wenn sich die Lage der Mondbahn nicht änderte, beispielsweise eine Sonnenfinsternis in dem nächsten Jahre um 11 Tage früher wiederkehren. Nun drehen sich aber die Knoten der Mondbahn der Sonne entgegen, sodaß diese kein volles Jahr gebraucht, um wieder beim selbigen Knoten der Mondbahn anzugelangen, sondern bloß $346^{3}/_{5}$ Tage. Soll also nach Ablauf eines Vielfachen des synodischen Monats eine Finsternis wiederkehren, so muß dieses Vielfache auch gleichzeitig ein Vielfaches von $346^{3}/_{5}$ Tagen sein. Nun sind 223 synodische Monate = $6585^{1}/_{5}$ Tage, und 19 Mal $362^{3}/_{5}$ Tage = $6585^{2}/_{5}$ Tage. Da ferner $6585^{1}/_{2}$ Tage genau 18 Jahre 11 Tage sind, so wiederholen sich also im allgemeinen die Finsternisse nach Ablauf dieser Zeit in derselben Reihenfolge. Wie weit die cyklische Reihenfolge der Finsternisse genau ist, können wir zum Teil aus nachstehender Tabelle entnehmen, welche sämtliche von 1876 bis 1900 stattgefundenen oder noch stattfindenden vorzugsweise in Europa sichtbaren Mondfinsternisse enthält.

Mondfinsternisse, welche im letzten Viertel dieses Jahrhunderts vorzugsweise in Europa sichtbar waren oder noch sein werden.

1876	März	10.	Sept.	3.	1888	Jan.	28.	Juli	23.
1877	Febr.	27. (total)	Aug.	23. (total).	1891	Mai	23.	Nov.	26.
1878	„	17.	„	13.	1892	Mai	11.	Nov.	4. (total).
1879	„	—	Dez.	28.	1894	März	21.	Sept.	15.
1880	Juni	22. (total)	„	16. (total).	1895	„	11. (total)	„	4. (total).
1881	„	12.	„	5.	1896	Febr.	28.	Aug.	23.
1883	April	22.	Sept.	16.	1897	Jan.	8.	Juli	2.
1884	„	20. (total)	Okt.	4. (total).	1898	Juli	3.	Dez.	27. (total).
1885	März	20.	Sept.	24.	1899	„	23.	„	17.
1887	Febr.	8.	Aug.	5.	1900	„	13.		—

Gegenwärtig bestimmt man mittels der astronomischen Tafeln genau die Augenblicke der Vollmonde und Neumonde und untersucht dann, ob im erstern Falle der Abstand des Mondes von der Ekliptik größer oder kleiner ist als der

Schematische Darstellung von Sonnen- und Mondfinsternissen.

Halbmesser des Schattenkegels, oder im andern Falle für die Neumonde, ob jener Abstand des Mondes von der Ekliptik kleiner oder größer ist als der Halbmesser der Sonnenscheibe. So erfährt man, bei welchen Vollmonden und

Neumonden Mond- und Sonnenfinsternisse eintreten, bei welchen nicht. Der Abstand des Mondes von der Ebene der Ekliptik hängt von seiner Entfernung von einem der Knoten ab, da er in den Knoten sich ja genau in der Ebene der Ekliptik selbst befindet und in der Mitte zwischen beiden Knoten am weitesten von derselben entfernt ist. Man kann daher aus dem Knotenabstande des Mondes zur Zeit des Voll- oder Neumondes schließen, ob eine Finsternis eintreten wird oder nicht. Es ergibt sich in dieser Beziehung Folgendes:

Es muß eine Sonnenfinsternis eintreten, wenn sich zur Zeit des Neumondes der Mond um weniger als 15° 24′ in seiner Bahn von einem seiner Knotenpunkte befindet. Ist dieser Abstand größer als 18° 22′, so kann keine Finsternis mehr stattfinden.

Eine Mondfinsternis muß eintreten, wenn der Mond sich zur Zeit des Vollmondes bis zu 7° 47′ von einem seiner Knotenpunkte befindet; sie kann noch eintreten, wenn der Knotenpunkt 13° 21′ beträgt. Die Mondfinsternis muß total sein, wenn der Vollmond bis zu 3° 30′ von einem der Knoten entfernt ist, sie kann noch total sein, wenn der Abstand bis 7° 19′ beträgt.

Der Erdschatten.

Im allgemeinen ereignen sich innerhalb 18 bis 19 Jahren 70 Finsternisse und zwar 29 am Monde und 41 an der Sonne, niemals mehr als 7 Finsternisse in einem Jahr, aber auch nie weniger als 2. Wir sehen, daß die Zahl der Sonnenfinsternisse die der Mondfinsternisse fast um die Hälfte übertrifft. Der Grund dieser größern Häufigkeit der Sonnenfinsternisse liegt darin, daß der Schattenkegel, in welchen der Mond ganz oder teilweise eintreten muß, wenn eine Mondfinsternis erfolgen soll, schmaler ist als der Raum, in welchem der Mond sich zu befinden hat, wenn er uns eine Sonnenfinsternis erzeugt. Wir dürfen nur die oben stehende Figur betrachten, wo a b die Breite des Schattenkegels für Mondfinsternisse, c d den Raum für den Ort des Mondes bei Sonnenfinsternissen bezeichnet. Wir dürfen uns aber nicht durch die Erfahrung täuschen lassen, daß an unserm bestimmten Heimatsort die Sonnenfinsternisse seltener erscheinen. Mondfinsternisse ereignen sich nämlich stets gleichzeitig auf der ganzen Erdhälfte, für welche der Vollmond eben am Himmel steht, da der Mond selbst in einen Schatten tritt. Sonnenfinsternisse dagegen treffen immer nur einen sehr kleinen, höchstens den sechsten Teil der Erdhälfte, über welche gerade die Schattenspitze des Mondes hinstreicht. Für uns selbst bleiben daher die meisten Sonnenfinsternisse unsichtbar, während wir jede Mondfinsternis erblicken müssen, wenn sie nicht gerade die entgegengesetzte Erdhälfte trifft. Daher kommt es, daß oft für einen Ort Jahrhunderte vorübergehen, ehe ihm einmal eine totale Sonnenfinsternis erscheint. So wird unser nördliches Deutschland erst am 19. August 1887 die erste und einzige totale Sonnenfinsternis dieses Jahrhunderts erleben. Die

Linie der Totalität geht bei dieser Finsternis von Magdeburg über Berlin gegen Moskau hin. Beim Beginn der Erscheinung befindet sich die Sonne für das mittlere Deutschland noch unter dem Horizonte, sie geht also verfinstert auf. Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht der Sonnenfinsternisse, welche von 1879 bis 1900 in Europa sichtbar waren oder noch sein werden.

Sonnenfinsternisse, welche im letzten Viertel unsres Jahrhunderts in Europa sichtbar waren oder noch sein werden.

1879. Juli 19.	(in Deutschl. 5—7 Z. groß).	1890. Juni 17.	(in Deutschl. 5—7 Z. groß).
1880. Dez. 31.	(„ „ 1—3 „ „	1891. „ 6.	(„ „ 3—6 „ „
1882. Mai 17.	(„ „ 2—4 „ „	1896. Aug. 9.	(„ „ 7—9 „ „
1887. Aug. 19.	(„ „ 11—12 „ „	1899. Juni 8.	(„ „ 1—2 „ „
1888. Juli 23.	(„ „ 4—6 „ „	1900. Mai 28.	(„ „ 6—7 „ „

Die Sonnen- und Mondfinsternisse spielen in der Chronologie eine höchst bedeutende Rolle. Die Alten, welche zum Teil höchst abergläubische Vorstellungen mit diesen Erscheinungen verknüpften, haben uns nämlich über manche Finsternisse, die nahe mit bedeutenden politischen Ereignissen zusammentrafen, Nachrichten überliefert, welche durch Rückwärtsrechnung ermöglichen, die genauen Jahreszahlen und selbst das Tagesdatum solcher Ereignisse festzustellen. Auf diese Weise hat man z. B. gefunden, daß die berühmte, angeblich von Thales vorhergesagte Sonnenfinsternis, die im sechsten Jahre des Krieges zwischen Aliattes von Lydien und Kyaxares von Medien stattfand, am 28. Mai 584 v. Chr. eingetreten ist.

Um die historischen Angaben über die Erscheinung einer Finsternis leicht und ohne viel Rechnung zu prüfen, kann man sich nachstehender Tafel bedienen, deren Einrichtung ich sofort erklären werde.

Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Tage.	N.	Monate.	N.
1800	187	1815	990	1830	797	1	0	Januar.	0
1801	239	1816	43	1831	850	2	3	Februar.	90
1802	293	1817	100	1832	904	3	6	März.	173
1803	346	1818	153	1833	950	4	9	April.	262
1804	399	1819	205	1834	12	5	12	Mai.	349
1805	454	1820	259	1835	66	6	15	Juni.	439
1806	508	1821	315	1836	119	7	17	Juli.	526
1807	561	1822	368	1837	174	8	20	August.	614
1808	613	1823	420	1838	227	9	23	September.	704
1809	669	1824	474	1839	281	10	26	Oktober.	790
1810	723	1825	530	1840	333	11	29	November.	880
1811	775	1826	582	1841	389	12	32	Dezember.	966
1812	828	1827	635	1842	442	13	35		
1813	884	1828	689	1843	496	14	38		
1814	938	1829	745	1844	549	15	40		

Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Tage.	N.	Jahrhundert.	N.
1845	604	1865	680	1885	754	16	43	100	628
1846	658	1866	732	1886	808	17	46	200	257
1847	711	1867	786	1887	861	18	49	300	909
1848	764	1868	839	1888	914	19	52	400	534
1849	819	1869	895	1889	969	20	55	500	159
1850	873	1870	947	1890	23	21	58	600	785
1851	926	1871	1	1891	75	22	61	700	410
1852	978	1872	54	1892	128	23	63	800	35
1853	34	1873	110	1893	185	24	66	900	660
1854	88	1874	162	1894	238	25	69	1000	285
1855	141	1875	216	1895	291	26	72	1100	911
1856	194	1876	269	1896	344	27	75	1200	535
1857	250	1877	325	1897	400	28	78	1300	160
1858	303	1878	379	1898	453	29	81	1400	785
1859	356	1879	431	1899	505	30	83	1500	410
1860	409	1880	494	1900	559	31	86	1600	36
1861	465	1881	539					1700	661
1862	518	1882	593					1800	287
1863	571	1883	645					1900	912
1864	624	1884	698					2000	538

In dieser Tabelle bezeichnen die Zahlen in der mit N überschriebenen Kolumne den Knotenabstand des Mondes in Tausendsteln des Kreisumfanges. Man zählt nun für eine bestimmte Zeitepoche die N für die Jahre, Monate und Tage zusammen, streicht die herauskommenden Tausender weg und zieht den Rest von 500 ab, oder falls er größer ist, 500 von diesem Reste und bleibt dann übrig:

a) für Sonnenfinsternisse

zwischen 0 und 38, so ist die Finsternis gewiß
„ 39 „ 53, „ „ „ zweifelhaft
„ 54 „ 500, „ „ „ unmöglich.

b) für Mondfinsternisse

zwischen 0 und 25, so ist die Finsternis gewiß
„ 26 „ 35, „ „ „ zweifelhaft
„ 36 „ 500, „ „ „ unmöglich.

Ein Beispiel wird den Gebrauch der Tafel klar machen.

Halley sagte auf Grund der oben erklärten Finsternisperiode eine Sonnenfinsternis für den 2. Juli 1684 voraus. Sehen wir, was unsre Tafel dazu sagt.

Für 1884 gibt sie . . . N =	698
Veränderung in 200 Jahren	257
Juli 0	526
Für 2 Tage	3
Summa	1484
abgezogen	1000
Rest	484.

Wunder der Sternenwelt. 3. Aufl. Lith. Kunst-Anst. v. Aug. Kürth, Leipzig. Nach Guillemin „Le Ciel".

Anblick des Mondes im Erdschatten.

I. Bei partialer; II. bei totaler Verfinsterung.

Zieht man diesen Rest von 500 ab, so bleibt 16, die Finsternis ist also gewiß eingetroffen.

Für die totale Sonnenfinsternis vom 7. August 1869 hat man:

Für 1869	N =	895
August 0		614
Sieben Tage		17
	Summa	1526
	abgezogen	1000
	Rest	526. — 500 = 26.

Die Tafel zeigt also in Übereinstimmung mit der Wirklichkeit, daß die Finsterniß eintrat.

Die Verfinsterungen der Sonne und des Mondes haben von jeher die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich gezogen, und der Aberglaube hat an sie bis in die neueste Zeit eine unheilvolle Bedeutung geknüpft. Wir selbst haben uns eines gewissen unheimlichen Gefühls nicht erwehren können, als jenes Schauspiel vor unsern Augen eintrat, als allmählich das Silberlicht des Mondes schwand und sich mit jenem bald aschfarbenen, bald kupferroten Schleier überzog. Es liegt diese Wirkung auf unser Gemüt nicht allein in dem außergewöhnlichen, unzeitigen Eintreten der Dunkelheit, sondern noch mehr in der Eigentümlichkeit dieses Dunkels, in gewissen Färbungen und rätselhaften Nebenerscheinungen, die zum Teil rätselhaft selbst für den wissenschaftlichen Forscher sind. Da haben wir die seltsam kupferrote Scheibe des Mondes vor uns. Es würde uns nicht wundern, wenn der Mond, in den Schatten der Erde gehüllt, also seines einzigen Lichtquells, des Sonnenlichtes beraubt, unsern Blicken gänzlich entschwunden wäre. Jenes aschfarbene Licht, in welchem uns die volle Mondscheibe auch zu einer Zeit erscheint, wo sie von der Sonne abgewendet, ihrer Bestrahlung entzogen ist, zur Zeit der ersten und letzten schmalen Mondsichel, findet doch noch eine Erklärung in dem Widerschein der von der Sonne hell erleuchteten Erde. Aber für dieses rote Licht des verfinsterten Mondes paßt auch diese Erklärung nicht. Die Erde ist ja in nächtliches Dunkel gehüllt. Man könnte an ein eignes, vom Monde ausstrahlendes, schwaches Licht denken, und berühmte Astronomen wie W. Herschel haben daran gedacht, wenn nicht die Thatsache bestände, daß wirklich bei manchen Mondfinsternissen, nach Kepler bei derjenigen vom 9. Dezember 1601, wie nach Hevels Bericht bei der vom 25. April 1642, und noch neuerdings bei der vom 10. Juni 1816, der Mond völlig vom Himmel verschwand.

Die einzige Erklärung hierfür bleibt uns in der Atmosphäre unsrer Erde zu suchen, durch deren bekannte Lichtbrechung einzelne abgelenkte Sonnenstrahlen zur Mondscheibe gelangen könnten. Die atmosphärische Luft hält bekanntlich einen großen Teil des Sonnenlichtes bei seinem Durchgange auf und zerstreut es nach allen Richtungen. Aber diese Wirkung erstreckt sich nicht gleichmäßig auf alle die verschiedenfarbigen Strahlen, aus welchen sich das weiße Sonnenlicht zusammensetzt. Namentlich sind es die violetten Strahlen, welche vorzugsweise aufgehalten werden, während die roten am leichtesten durchdringen. Aus einem solchen

Übergewicht der violetten Strahlen erklärt man auch die blaue Färbung unsres reinen Tageshimmels, während das Rot der von der untergehenden Sonne beleuchteten Wolken von dem Übergewicht der roten Strahlen herrührt, welche die unteren, dichteren Schichten der Atmosphäre durchdringen. Jene lichteren rosenroten Stellen, die wir wechselnd an der verfinsterten Mondscheibe bemerken, sowie die einzelnen glänzenden Punkte, in denen Herschel einst thätige Mondvulkane zu erblicken glaubte, fänden dann ihre Erklärung in dem Luftzustande derjenigen Teile der Erde, für welche in demselben Augenblicke die Sonne im Horizonte steht.

Baumschatten bei freier Sonne.

Weit eigentümlicher, mannigfaltiger und zum Teil auch heute noch rätselhaft sind die Erscheinungen, welche Sonnenfinsternisse begleiten. Die ganze Natur nimmt an dieser Begebenheit des Himmels teil, und das Gefühl des Menschen wird unwillkürlich von ihr ergriffen.

Das plötzliche Verschwinden des Gestirns, dem wir vorzugsweise den Genuß der Naturschönheit verdanken, dem der Quell alles irdischen Lebens, die Wärme, entströmt, ist recht geeignet, diejenigen mit Schrecken zu erfüllen, die keine Ahnung von dem naturgesetzlichen Hergange dieser Erscheinung haben. Die Grönländer halten Sonne und Mond für Geschwister und glauben, daß bei einer Sonnenfinsternis der Mond seine Schwester verfolge. Die Männer tragen dann Kisten, Töpfe und ähnliche dazu geeignete Geräte heraus und schlagen sie aneinander, um dem Monde Furcht einzuflößen.

Bei den Irokesen herrscht der Glaube, daß jede Finsternis durch einen bösen Geist bewirkt werde, der das Licht auffange. Um denselben zu vertreiben, pflegen sie ein großes Getöse durch Schießen, Schreien und Wehklagen zu erheben.

Wir dürfen uns nicht wundern, wenn die Völker einer rohen Vorzeit in der verfinsterten Sonne ein Zeichen göttlichen Zornes, eine Drohung furchtbarer Strafgerichte erblickten, wenn die abergläubischen Menschen verzweifelnd die Häuser verschlossen und händeringend auf die Kniee stürzten oder heulend umherliefen und die Brunnen zudeckten, damit nicht das vom Himmel herabträufelnde Gift sie verderbe. Ward doch noch vor 120 Jahren von einer Königlichen Kriegs- und Domänenkammer in Königsberg in Preußen befohlen, am Tage der bevorstehenden Sonnenfinsternis kein Vieh auszutreiben und die Brunnen zu verdecken!

Baumschatten bei partialer Sonnenfinsternis.

Ward doch noch bei der großen Sonnenfinsternis vom 28. Juli 1851 in Wien zu einer Prozession aufgefordert, um durch diese die Folgen des unglücklichen Naturereignisses abzuwenden! Von der gewaltigen Macht eines solchen Ereignisses über das Gemüt gibt Arago eine vortreffliche Schilderung. Am 9. Juli 1842 waren bei Perpignan gegen 20 000 Menschen aus allen Ständen, Gelehrte, Bürger, Landleute und Soldaten, zusammengeströmt, um die große, im Süden Frankreichs total erscheinende Sonnenfinsternis zu beobachten. Es waren wohl wenige unter diesen Menschen, die nicht von der klarsten Überzeugung erfüllt waren, daß diese Erscheinung zu den natürlichen, gesetzmäßigen, berechenbaren gehöre, über die man bei gesundem Verstande keine Ursache habe, sich irgend zu beunruhigen. Beim Beginn der Finsternis schien nur Neugierde und Wetteifer die Menge zu bewegen, die beim Anblick des ersten kleinen Ausschnitts am westlichen Sonnenrande in ein ungeheueres Geschrei ausgebrochen war. Als aber die Sonne, auf einen schmalen Streifen reduziert, ein schwaches, unsicheres Licht über die Landschaft zu werfen begann, bemächtigte sich eine sichtliche Unruhe der

Zuschauenden; jeder empfand das Bedürfnis, seine Empfindungen den Umstehenden mitzuteilen, und ein dumpfes, dem eines fernen Meeres nach dem Sturme ähnliches Brausen erhob sich aus der Menge. Dies dumpfe Brausen schwoll immer stärker und stärker, je schmäler die Sonnensichel erschien. Endlich verschwand sie, Dunkelheit trat ein, und ein totengleiches Schweigen bezeichnete, wie Arago sagt, diese Phase der Finsternis ebenso scharf, wie es das Pendel der astronomischen Uhr gethan hatte. Die Erscheinung hatte durch ihre Großartigkeit den Mutwillen der Jugend, die Leichtfertigkeit der Schwätzer, die lärmende Gleichgültigkeit der Soldaten überwunden. Auch in der Luft herrschte tiefe Stille; die Vögel hatten aufgehört zu singen.

Bei so auffallenden Erregungen, welche diese Erscheinung in dem Gemüt des Menschen bewirkt, läßt sich der verwirrende Eindruck erklären, den sie auf die Tierwelt ausübt. Es ist wohl namentlich das Unvorbereitete, Plötzliche dieser Erscheinung, welches die Tierwelt mit Schrecken erfüllt, die hier nicht wie bei Witterungsveränderungen von Vorempfindungen geleitet wird. Man sieht die Vögel scheu umherflattern und ängstlich ihre Nester suchen, Ameisen in ihrer Arbeit still halten, Pferde sich ängstlich aneinander drücken, Hunde heulend in verborgene Schlupfwinkel fliehen. Man sieht selbst Pflanzen während der Finsternis ihre Blätter und Blütenköpfe senken, Nachtblumen ihre Kronen öffnen. Diese augenscheinliche Teilnahme der ganzen unbewußten und empfindungslosen Natur an diesem Ereignis des Himmels trägt jedenfalls dazu bei, auch das Herz des Menschen empfänglicher für seine Großartigkeit zu stimmen.

Dem Leser werden sich bisher wohl kaum andre als partiale Sonnenfinsternisse dargeboten haben, und diese zeigen sich freilich von wenigen solcher auffallenden und aufregenden Erscheinungen begleitet. Es können die Hälfte und selbst zwei Drittel der Sonnenscheibe vom Monde bedeckt sein, ohne daß Himmel und Erde ihre Physiognomie merklich verändern, ohne daß wir weder eine Dunkelheit, noch ein Sinken des Thermometers beobachten. Nur wenn wir die kleinen Lücken in dem Schatten belaubter Bäume betrachten, werden wir eine sichtbare und interessante Wirkung der teilweisen Verfinsterung der Sonne erkennen. Für gewöhnlich zeigen diese Lücken die kreisrunde Form der Sonnenscheibe, die nur bei einem sehr schiefen Auffallen der Sonnenstrahlen mehr in das Elliptische übergeht.

Während der partialen Sonnenfinsternis dagegen zeigen uns diese Lücken mehr oder weniger das Bild der verfinsterten Sonnenscheibe, nehmen also die Gestalt kleiner, aber sehr scharfer elliptischer Sicheln an.

Wenn die Verfinsterung 9—10 Zoll (d. h. Zwölftel) des Sonnendurchmessers erreicht, werden auch die Nebenerscheinungen schon merklicher. Den heiteren Himmel überfliegt ein leichtes Grau, und die Wolken schimmern grünlich. Die Beleuchtung der irdischen Gegenstände ist geschwächt, aber doch gleicht diese Schwächung keiner Dämmerung; Licht und Schatten sind schärfer abgesetzt, während sie in der Dämmerung ineinander fließen. Die Wärme vermindert sich, ein kühler Luftzug, ein sogenannter Finsteniswind, streicht in der Richtung der

fortschreitenden Finsternis über die Erde hin. Je mehr sich die Finsternis der totalen nähert, desto stärker treten diese Erscheinungen hervor, und bei einer elfzölligen Verfinsterung würden wir sogar schon genötigt sein, Licht in der Wohnung anzuzünden.

Wollen wir ein vollkommenes Bild von den Erscheinungen einer totalen Sonnenfinsternis erhalten, so versetzen wir uns im Geiste auf einen freiliegenden Hügel. Richten wir dann den Blick kurz vor dem Eintritt derselben nach Westen, so werden wir bereits auf eine nächtlich beschattete Landschaft schauen.

Vorübergang des Mondes vor der Sonne während der totalen Sonnenfinsternis von 1869.

Mit Riesenschritten sehen wir deutlich den schwarzen Mondschatten heranrücken, helle Sterne am Himmel leuchten auf, und die Gegenstände um uns herum, selbst einzelne Stellen des Himmels nehmen eine anfangs graugelbe, aber immer mehr ins Rote und sogar Purpurne übergehende Färbung an, die offenbar von dem Übergewicht der vielfach reflektierten und zerstreuten Strahlen der noch erleuchteten Atmosphäre herrührt. In dem Augenblick, wo der Schatten des Mondes unsern Standpunkt erreicht hat, sehen wir um die verdeckte Sonne einen glänzenden silberweißen Ring sich bilden, bisweilen auch am Sonnenrande selbst einzelne rote, wolken- oder flammenähnliche Hervorragungen aufleuchten. Über diese

roten Hervorragungen, die man Protuberanzen genannt hat, wie über den glänzenden Ring der verfinsterten Sonne, oder die sogenannte Corona, den man durch ein Fernrohr als einen doppelten, einen weißen und einen rosenroten, erkennt, werde ich später noch Gelegenheit haben, manches mitzuteilen, da sie uns wichtige Aufschlüsse über mehrere physische Verhältnisse des Sonnenkörpers geliefert haben. Übrigens war früher die genaue Beobachtung derselben mit großen Schwierigkeiten verbunden, da die ganze Erscheinung in zu raschem Fluge vorübergeht und ihr überwältigender Eindruck selbst dem Astronomen oft Zeit und Besonnenheit raubte, um von seinen optischen Instrumenten Gebrauch zu machen. Dank den Fortschritten der Wissenschaft, vor allem der Vervollkommnung des Spektroskops, ist der Astronom gegenwärtig im stande, zu jeder beliebigen Zeit, wenn die Sonne sichtbar ist, die Protuberanzen zu beobachten.

Wir werden uns zwar, wie ich bereits bemerkte, später genauer mit den Erscheinungen, die sich während der Totalität einer Sonnenfinsternis darbieten, beschäftigen. Ich will indes schon hier nicht unterlassen, dem Leser ein Bild der Sonne vorzuführen (s. S. 145), das nach Photographien angefertigt ist, die bei der totalen Sonnenfinsternis des Jahres 1869 in Amerika aufgenommen wurden.

Wir wollen noch die kurze Frist, welche der Verlauf unsrer Himmelserscheinung übrig läßt, benutzen, um unsern Blick in jenes Nachbarreich, das wir betreten wollen, etwas zu erweitern. Sonne und Mond, sagte ich schon, sind nicht die einzigen nahen Welten, zahllose Weltenscharen von mannigfaltiger, zum Teil seltsamer Naturbeschaffenheit bewegen sich zwischen jenem Fixsternhimmel und uns. Von ihrem Dasein und ihrer Nähe werden wir uns wieder teils durch die Abweichungen ihrer Bewegungen von der scheinbaren täglichen Umdrehung des Himmelsgewölbes, teils durch den Wechsel ihrer Lichtstrahlen, wie durch ihre Verfinsterungen und Bedeckungen überzeugen.

Blicken wir dort auf jenen schönen Stern am abendlichen Himmel, der uns längst unter dem Namen des Abend- und Morgensternes oder der Venus bekannt sein wird. Wenn wir auch nichts wüßten von den nahen Beziehungen dieses Sternes zu unsrer Erde, so müßte schon sein milder, ruhiger Schein, der an das Licht des Mondes erinnert, gegenüber dem unruhigen Funkeln, den demantartigen Strahlenblitzen der Fixsterne, unsre Aufmerksamkeit erregt haben. Dieses ruhige Licht haben wir auch noch an einigen andern Sternen des Himmels beobachtet, und die eigentümliche, sich stets gleich bleibende Färbung desselben wird uns noch mehr überzeugt haben, daß wir es hier mit ganz andern Welten als den in unerreichbarer Ferne funkelnden Fixsternen zu thun haben. Sehen wir hier den fast grünlichen Schein der Venus, dort oben den sonderbar rotglänzenden Mars, dort den silberhellen Jupiter, dort den düstern, bleichrötlichen Saturn. Betrachten wir nun vollends diese Sterne durch ein Fernrohr. Während die Fixsterne, wie wir wissen, trotz aller vergrößernden Kraft des Fernrohrs uns immer nur als unmeßbar feine Lichtpunkte erscheinen, ja sogar, da das Fernrohr sie der blendenden Strahlen entkleidet, in stärker vergrößernden Fernröhren noch verkleinert zu werden scheinen, erblicken wir hier wirkliche

Scheiben, die sich gleich irdischen Gegenständen mit der Zunahme der Vergrößerung auch wirklich vergrößert zeigen.

Folgen wir nun aber auch dem Laufe eines solches Sternes am Himmel! Wir werden ohne Schwierigkeit erkennen, daß er die Sterne, welche ihn anfänglich zu begleiten scheinen, bald verläßt. Wir werden sogar finden, wenn wir von Tag zu Tag den Ort dieses Sternes genau verzeichnen, daß er sich mit sehr ungleichen Geschwindigkeiten bewegt, daß er zu gewissen Zeiten still zu stehen scheint, daß er in bezug auf die Sterne sich bald von Westen nach Osten, bald von Osten nach Westen, oder bald rechtläufig, bald rückläufig, wie man sagt, bewegt. Verzeichnen wir nun, wie ich es schon beim scheinbaren Laufe der Sonne oder des Mondes riet, auch die täglichen Örter eines solchen Sternes auf eine Himmelskarte, so werden wir finden, daß die Linie, welche diese Örter verbindet, und welche die Bahn des Sternes am Himmel darstellt, keineswegs eine solche stetige krumme Linie, etwa ein größter Kreis wie bei Sonne und Mond, sondern eine Linie von außerordentlich verwickelter Form ist, die durchaus in keinem sichtlichen Zusammenhange mit den Stellungen der Fixsterne steht, auf welche wir etwa die Bewegung des Sternes beziehen möchten. Es wird uns scheinen, als ob wir es hier mit einer völlig regellosen Wanderung durch die Sterne zu thun hätten, und wenn wir mehrere dieser irrenden Sterne vergleichen, so werden wir sogar finden, daß einige innerhalb eines Jahres mehr als einen ganzen Umlauf um die Himmelskugel machen, während andre nur mehr oder weniger beschränkte Bogen durchlaufen. Dieser Umstand, diese regellose Form der Bahn ist es namentlich, welche die Alten zu der Benennung von Planeten, d. h. Wandelsternen oder Irrsternen, veranlaßte.

Der scheinbare Lauf der Venus vom Mai bis 31. Okt. 1852.

Aus allen diesen Erscheinungen werden wir uns überzeugen, daß diese Planeten in der That nicht mit den übrigen Sternen zusammengestellt werden können, daß man sie vielmehr mit der Sonne in Beziehung zu setzen suchen muß. Dafür spricht schon die Erfahrung, daß ihre Bahnen sich nie weit von der Bahn der Sonne entfernen, und daß der ganze Lauf der meisten Planeten innerhalb enger Grenzen von je 8° zu beiden Seiten der Ekliptik eingeschlossen ist. Dieser Gürtel des Himmels ist es, den man im weiteren Sinne den Tierkreis oder

den Zodiakus nennt, und seine Bedeutung war schon den Alten nicht unbekannt. Sie waren es auch, welche die noch heute in allen Kalendern bestehende Einteilung desselben in 12 Zeichen einführten, für welche sie die Namen von den Sternbildern entlehnten, welche sie einschlossen. Den Anfangspunkt für diese Einteilung bildete, wie noch heute, der Frühlingspunkt. Wir wissen nun aber bereits, daß dieser Frühlingspunkt infolge jener Erscheinung, die wir als das Vorrücken der Nachtgleichen bezeichneten, in einer beständigen rückschreitenden Bewegung auf der Ekliptik begriffen ist, daß er nicht mehr, wie zu den Zeiten Hipparchs, im Sternbilde des Widders liegt, sondern um mehr als 27°, fast zur Mitte des Sternbildes der Fische, vorgerückt ist. Wir werden begreifen, daß damit auch die Lage sämtlicher Zeichen eine andre geworden ist, daß ihre Namen also in keiner Beziehung mehr zu den Sternbildern stehen, deren Stellen sie einnehmen. Halten wir also daran fest, daß unter den Zeichen des Tierkreises gegenwärtig nichts als eine geometrische Einteilung desselben zu verstehen ist, deren jeder Teil 30 Grade umfaßt, und ich kann hinzufügen, daß die eigentliche Astronomie sich ihrer als veraltet und unwissenhaftlich längst entledigt hat, und daß sie fast allein noch dienen, unsern Kalendern einen gewissen alt-ehrwürdigen Schein zu verleihen.

Wenn wir uns die Mühe nehmen wollten, einen der Planeten Venus oder den Merkur längere Zeit zu beobachten, so würden wir finden, daß diese Planeten sich nie sehr weit von der Sonne entfernen, daß sie gewisse Grenzen innehalten und, sobald sie diese erreicht haben, sofort zur Sonne zurückzukehren anfangen. Bei allen andren Planeten würden wir freilich nichts von solchen Grenzen der Entfernung sehen. Wir würden dieselben bisweilen sogar in solchen Abständen von der Sonne finden, daß sie gerade den der Sonne entgegengesetzten Punkt des Himmels einnehmen. Ich kann jedoch jetzt schon sagen, daß man nach diesen Eigenheiten die Planeten wirklich in zwei Gruppen scheidet, daß man die ersteren untere, die letzteren obere Planeten nennt; die eigentliche Bewandtnis aber, die es damit hat, wird uns erst später ganz klar werden.

Für jetzt wollen wir nur den Lauf eines Planeten, und zwar der Venus, also eines untern Planeten, ins Auge fassen. Gesetzt, wir hätten eines Abends kurz nach Sonnenuntergang die Venus am Horizonte aufgesucht, und wir hätten sie gar nicht weit von jenem Punkte gefunden, wo die Sonne soeben verschwunden war. Sie ist uns dann nicht lange sichtbar gewesen; denn die allgemeine Bewegung des Himmels hat auch sie bald mit ihren Nachbargestirnen zum Horizonte hinabgeführt. An den folgenden Tagen würden wir die Venus zur selben Stunde zwar noch in derselben Gegend des Himmels sehen, aber sie würde sich uns mehr und mehr von jenem Punkte des Sonnenunterganges zu entfernen und sich immer später zum eignen Untergange zu bereiten scheinen. Nach Verlauf einiger Zeit würde es uns aber dünken, als ob keine solche Zunahme in der Entfernung des Planeten von der Sonne mehr stattfinde, als ob er vielmehr am Sternhimmel völlig still stehe. Noch später würden wir es uns sogar nicht mehr verschweigen können, daß er eine entgegengesetzte Bewegung angenommen hat, daß er sich dem

Sonnenuntergangspunkte wieder merklich nähert, also in bezug auf die Bewegung der Sterne geradezu rückwärts schreitet, wie der Astronom sagt, rückläufig geworden ist.

Endlich würde sogar ein Zeitpunkt eintreten, wo die Venus in eine solche Nähe zur Sonne gekommen ist, daß wir sie trotz ihres so strahlenden Glanzes nicht mehr erblicken können, und wenn wir auch warten wollten, bis das Licht der Dämmerung, das sie uns vielleicht zu entziehen scheint, verblichen ist; sie ist längst in die Strahlen der untergehenden Sonne gehüllt unter den Horizont getaucht. Aber nicht lange würde es dauern, und wir würden sie wieder beobachten können, jedoch nicht mehr im Osten, sondern im Westen der Sonne, und wir würden darum früh am Morgen vor Sonnenaufgang uns erheben müssen, um sie am dämmernden Horizonte auftauchen zu sehen. Auch jetzt würden wir dieselbe von Tage zu Tage weiter von dem Sonnenaufgangspunkte sich entfernen, immer früher kommen, immer höher am Himmel aufsteigen sehen, bis sie uns abermals still zu stehen und endlich ihre rückläufige Bewegung unter den Sternen, ihre abermalige Annäherung zur Sonne anzutreten schiene. Wieder würde sie uns dann in den Strahlen der aufgehenden Sonne mehrere Tage entschwinden, um von neuem an dem abendlichen Himmel im Dämmerlicht der untergehenden Sonne zu erscheinen.

Bewegung eines unteren Planeten um die Sonne, von der Erde aus gesehen.

Der ganze Lauf der Planeten würde uns hiernach also wie ein stetes Hin- und Herschwanken zu beiden Seiten der Sonnenbahn vorkommen. Für den Planeten Merkur gestaltet sich dieses Schwanken genauer in folgender Weise. Wenn er der Sonne scheinbar am nächsten steht und seine vollbeleuchtete Scheibe, die gleichzeitig am kleinsten erscheint, der Erde zuwendet, so bewegt er sich gegen Ost bis zu einer Entfernung von nahezu 23° von der Sonne mit ziemlicher Geschwindigkeit. Dann nimmt letztere rasch ab, und die Entfernung von der Sonne vermindert sich nach und nach bis auf 18°, obgleich der Planet Merkur selbst unter den Sternen noch immer langsam nach Osten schreitet. Sobald jener Abstand von 18° erreicht ist, hört aber die scheinbare Bewegung des Planeten eine Zeitlang ganz auf, er wird stationär, um schließlich eine rückläufige Bewegung anzunehmen, durch welche er sich, bei zunehmender Größe seiner Scheibe, der Sonne immer schneller nähert und endlich in ihren Strahlen verschwindet. Die Scheibe erscheint während dieser Zeit nicht voll beleuchtet, sondern sichelartig wie der Mond, und die leuchtende Sichel wird immer schmaler, je näher der

Planet der Sonne kommt. Nachdem er einige Zeit in den Sonnenstrahlen verschwunden war, erscheint unser Planet als schmale Sichel westlich von der Sonne und entfernt sich mit abnehmender Geschwindigkeit bis zu 18° von ihr, worauf er wieder stationär wird. Hierauf wird seine Bewegung wieder direkt, aber sie ist sehr langsam, so daß die Entfernung von der Sonne bis auf 23° steigt, dann nimmt sie wieder ab und der Planet nähert sich dem Tagesgestirn wieder mit wachsender Schnelligkeit, wobei der beleuchtete Teil der Scheibe mehr und mehr zunimmt, die Scheibe selbst aber immer kleiner wird, bis zuletzt die Strahlen der Sonne den Planeten verdecken. Nach einiger Zeit beginnt dann der jetzt geschilderte Vorgang aufs neue, und ist derselbe überhaupt in eine Periode von 116 Tagen Dauer eingeschlossen, von denen $17\frac{1}{2}$ Tage auf die Zeit der rückläufigen Bewegung kommen.

Wir sehen, daß die Bewegung des Merkur ähnlich verläuft wie diejenige der Venus. Dabei ist jedoch folgendes zu bemerken. Es entfernt sich nämlich Venus bis zu 28° von der Sonne, ehe sie stationär wird, und ihre größte Ausweichung erreicht $46\frac{1}{2}$°. Die ganze Dauer dieser Bewegungen umfaßt 582 Tage, wovon 41 auf die Zeit des retrograden Laufes kommen.

Fassen wir aber nun diese Erscheinung im ganzen ins Auge und versuchen wir daraus einen Schluß auf die wirkliche Bewegung des Planeten zu ziehen, so werden wir notwendig zu der Vermutung kommen, daß sich der Planet in einer Bahn um die Sonne bewegt, welche von dieser gleichsam bei ihrer scheinbaren Bewegung um die Erde mit sich fortgeführt wird. Ich will nun zur Verdeutlichung die Vorstellung, welche wir dadurch vom Laufe eines solchen Planeten erhalten werden, geradezu bildlich darstellen. Denken wir uns die Sonne in S (Fig. S. 149), sich selbst und die Erde in T, den Planeten aber zunächst in jener Stellung (1) jenseit der Sonne, die man als seine obere Konjunktion mit der Sonne bezeichnet. Er wird uns dann offenbar seine ganze erleuchtete Scheibe zuwenden. Indem er sich aber weiter ostwärts entfernt, nimmt die Größe der Erleuchtung ab, und wenn er seinen größten Abstand (in 3) erreicht hat, zeigt sich nur noch die Hälfte der Scheibe erleuchtet. Jetzt beginnt die rückläufige Bewegung des Planeten, seine Scheibe schwindet zur Sichel, und er tritt endlich (in 5) in seine untere Konjunktion. In dieser Stellung des Planeten kann sich eine Erscheinung ereignen, die sich ganz mit jenen Verfinsterungen der Sonnenscheibe durch den Mond, von denen vorhin die Rede war, vergleichen läßt. Auch die Bedingung für den Eintritt der Erscheinung ist dieselbe wie dort, der Planet muß in der Ebene der Ekliptik sich befinden. Allerdings fehlt ihr jene Großartigkeit; der Planet zeigt sich nur als ein kleiner schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe, der aber doch nicht mit den dieser Scheibe eigentümlichen Flecken verwechselt werden kann, schon um seiner genauen Kreisform willen, noch mehr wegen der gleichförmigen Bewegung, mit welcher er vor der Sonnenscheibe vorübergeht. Daß diese Planetendurchgänge nicht vor der Entdeckung der Fernrohre beobachtet werden konnten, versteht sich wohl von selbst; daß sie übrigens ziemlich seltene Erscheinungen sind, da im Mittel allerdings 10—12 Merkurdurchgänge, aber nie

mehr als 2 Venusdurchgänge sich in einem Jahrhundert ereignen, und von welcher Wichtigkeit ihre Beobachtung endlich für die astronomische Forschung geworden ist, darüber werden wir erst später zu einer klaren Einsicht kommen, wenn uns die Bahnen und die Gesetze der Planetenbewegung genauer bekannt geworden sind. Daß sie eben so scharf und sicher vorausberechnet werden können, wird uns schon jetzt nicht mehr unbegreiflich scheinen. Die nächsten Merkurdurchgänge werden stattfinden: 1891 am 9. Mai, 1894 am 10. November. Der letzte Venusdurchgang hat 1882 am 6. Dezember stattgefunden, und es werden dann $121^1/_2$ Jahre vergehen, bis abermals ein Venusdurchgang eintritt, am 7. Juni 2004.

Wir haben bisher nur einen der unteren Planeten im Auge gehabt. Anders werden sich die Erscheinungen bei den oberen Planeten gestalten. Auch sie werden uns allerdings zu gewissen Zeiten, wo die Sonne sich verbirgt, also zur Zeit ihrer oberen Konjunktion, unsichtbar werden. Auch sie werden uns einen steten Wechsel von rechtläufiger und rückläufiger Bewegung, werden uns Stillstände zeigen; aber sie werden sich zugleich so weit nach Osten und Westen von der Sonne entfernen, daß sie zu gewissen Zeiten geradezu am entgegengesetzten Orte des Himmels, also, wie der Astronom sagt, in Opposition mit ihr stehen. Zugleich werden sie uns, mit Ausnahme eines einzigen, keinen merklichen Lichtwechsel zeigen und am allerwenigsten jemals vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Wir können also aus diesen Thatsachen wohl schließen, daß die Sonne bei der Bewegung der oberen Planeten eine ebenso wichtige Rolle wie bei jener der unteren spielt, aber wir werden zugleich zu der Annahme gezwungen, daß sie sich in Bahnen um die Sonne bewegen müssen, deren Halbmesser beträchtlich größer sind als die Entfernung der Erde von der Sonne, also in Bahnen, die unsre Erdbahn umschließen. Ohne diese Annahme wären wir ja gar nicht einmal im stande zu erklären, daß diese Planeten, mit Ausnahme der Zeiten ihrer Konjunktion, uns zu allen Zeiten am Himmel sichtbar sind.

Die Epicykeln.

Welches Kopfzerbrechen diese scheinbaren Bewegungen der Planeten, wie sie von der Erde aus beobachtet werden, durch ihre Unregelmäßigkeiten, besonders durch die Stillstände und Rückläufe, den Alten verursacht haben müssen, kann man sich vorstellen. Dichter und Philosophen fanden hier ein freies Feld für ihre Phantasie, und wie kühn sie dieser die Zügel schießen ließen, davon liefert der große Lehrmeister der Baukunst, Vitruv, einen Beweis. „Wenn die Planeten“,

sagt er, „welche oberhalb der Sonne ihren Lauf haben, mit ihr im Gedrittschein stehen, d. h. ihre größte Ausweichung erreicht haben, so schreiten sie nicht weiter vor, sondern stehen still oder weichen selbst zurück. Einige glauben, es geschehe darum, weil die Sonne dann weit von ihnen entfernt sei und ihnen nur wenig Licht zusende, so daß sie ihren Weg in der Finsternis nicht finden könnten." Vitruv selbst verwirft diese Erklärung als eine gar zu abenteuerliche, aber nur, um eine nicht minder seltsame an die Stelle zu setzen. Er hält sich an die Worte des Dichters Euripides, „daß das von der Sonne Entferntere viel stärker erhitzt werde, und daß das ihr Nähere nur eine mäßige Wärme besitze", und meint, daß, wie die Kälte auf den Gipfeln hoher Berge von der Nähe der Sonne herrühre, so die langsamere Bewegung der Planeten in der größeren Entfernung von der Sonne von einer kräftigeren Wirkung der Sonnenwärme, von einer größeren Anziehung herrühre. Die Astronomen des Altertums hielten sich freilich von solchen Abenteuerlichkeiten fern, aber auch sie wußten die Lösung dieser schwierigen Aufgabe nicht anders zu finden als mit Hilfe der berühmten Theorie der Epicykeln.

Nach ihrer philosophischen Überzeugung, daß die gleichförmige Bewegung die regelmäßigste und allein naturgemäße und der Kreis die vollkommenste und vornehmste aller krummen Linien sei, glaubten die Alten, daß auch alle planetarischen Bewegungen gleichförmig in Kreisen erfolgen müßten. Um nun die Unregelmäßigkeiten, die Stillstände und den Wechsel recht- und rückläufiger Bewegungen zu erklären, ließen sie den Planeten nicht unmittelbar einen Kreis um die Erde beschreiben, sondern nahmen für seine Bahn einen zweiten kleineren Kreis auf dem Umfange des ersten an, der von dem Planeten durchlaufen würde, während sein Mittelpunkt zugleich sich gleichförmig auf dem Umfange des ersten Kreises fortbewege. Dieser erste Kreis, in dessen Mittelpunkt die Erde sich befinden sollte, hieß Circulus deferens, der zweite, in dessen Umfange der Planet angenommen wurde, hieß der Epicykel. Wir werden leicht begreifen, daß auf diese Weise der Lauf eines Planeten, von der Erde gesehen, sich aus zwei Bewegungen zusammensetzt, daß seine fortschreitende Bewegung, die durch die Bewegung des Mittelpunktes des Epicykels dargestellt wird, durch die Bewegung des Planeten selbst im Umkreise des Epicykels bald verstärkt, bald verringert oder sogar aufgehoben werden muß. Daß diese Hypothese in der That hinreicht, um die meisten Ungleichheiten in der Planetenbewegung zu erklären, daß sie sogar bei einer genügenden Vervielfältigung der Epicykeln im stande ist, alle Ungleichheiten in der Winkelbewegung der Planeten darzustellen, ist nicht zu leugnen. So sinnreich sie aber auch ist, so vermag sie doch vor dem Richterstuhl der Mechanik nicht zu bestehen, da es unbegreiflich bleiben muß, wie ein Körper sich um einen ideellen Punkt und nun gar dieser ideelle Punkt um einen Körper bewegen soll. Völlig erschüttert wird die Hypothese aber dadurch, daß sie nicht im stande ist, auch die Änderungen in der Entfernung der Planeten, die auffallenden Unterschiede in der scheinbaren Größe ihrer Scheiben zu verschiedenen Zeiten ihres Laufes zu erklären. Von diesen Änderungen hatte das Altertum freilich keine rechte Vorstellung. Erst unsern Tagen ist es vorbehalten worden, sie durch mikrometrische Messungen

genau festzustellen. Wie groß aber diese Unterschiede werden können, dafür will ich ein Beispiel von der Venus entlehnen, die sich freilich mehr als jeder andre Planet der Erde zu nähern vermag. Der scheinbare Durchmesser der Venusscheibe schwankt nämlich zwischen $9^1/_2$ und 62 Sekunden.

Wir nähern uns dem Schlusse unsrer Betrachtung, der einfachen Lösung jener scheinbaren Verwirrung, die uns im Laufe der Planeten am Himmel entgegentrat. Wir wissen bereits, daß das einfachste Mittel, die scheinbare Verwickelung einer Bewegung zu entwirren, darin besteht, daß wir einen andern Ort für unsre Beobachtung wählen und zusehen, ob nicht dadurch Ordnung an die Stelle des Regellosen und Willkürlichen tritt. Wo anders aber sollten wir unsern Beobachtungsort für die Planetenbewegung wählen, als im Mittelpunkt der Sonne, deren nahe Beziehungen zu ihr uns bereits so vielfach entgegentraten. Das heißt keineswegs so Unmögliches gefordert, als es scheint. Man kann sich sehr leicht ein Bild von den Bewegungen eines Planeten am Himmel verschaffen, wie sie einem im Mittelpunkt der Sonne befindlichen Beobachter sich darstellen müssen. Derselbe Fixstern, welcher den Ort eines Planeten zur Zeit seiner Opposition für den irdischen Beobachter bezeichnet, muß ihn auch für den Beobachter auf der Sonne bezeichnen, da zu dieser Zeit ja eine gerade Linie die Sonne, Erde und Planeten mit einander verbindet. Dasselbe wird in jeder Konjunktion stattfinden. Beobachtet man also von Opposition zu Opposition und von Konjunktion zu Konjunktion diese Planetenörter und verbindet man dieselben endlich miteinander, so erhält man den ganzen Umlauf des Planeten, wie er sich für den Mittelpunkt der Sonne darstellt. Man wird finden, daß diese Bahn die Form eines Kreises hat, und daß die Bewegung des Planeten in ihr unberührt von allen jenen Unregelmäßigkeiten der Stillstände und Rückläufe ist; nur ganz gleichförmig wird sie nicht sein. In der Zwischenzeit zwischen zwei Zusammenkünften des Planeten mit der Sonne wird es nun offenbar einen Zeitpunkt geben, wo Erde und Planet einen rechten Winkel mit der Sonne bilden. Zu dieser Zeit wird man aber sehr leicht aus dem Winkel, welchen der Ort der Sonne mit dem Ort des Planeten am Himmel für den irdischen Beobachter einschließt, mittels eines einfachen geometrischen Verfahrens das Verhältnis zwischen den Entfernungen der Erde von der Sonne und des Planeten von der Sonne berechnen können. Wir sehen also, daß man im stande ist, von der ganzen

Die Ursache der Rückläufe und Stillstände der Planeten.

Bahn eines Planeten um die Sonne in allen ihren Einzelheiten eine genaue Zeichnung zu entwerfen, und das Endresultat würde sein, daß diese Bahn auch nicht ein Kreis, sondern eine der Erdbahn ähnliche Ellipse ist.

Wir werden mit dieser letzten Entscheidung freilich nicht zufrieden sein. Wir werden verlangen, daß, wenn denn durchaus jene sonderbaren Unregelmäßigkeiten, die Stillstände und Rückläufe der Planeten, in Wirklichkeit nicht stattfinden, daß, wenn sie durchaus nichts als die Wirkung eines Scheines, einer Täuschung, veranlaßt durch die Beweglichkeit des eignen Standpunktes, sein sollen, doch auch eine Erklärung dafür gegeben werde, wie und durch welche besondere Verhältnisse diese Täuschung erzeugt werde. Auch das soll in aller Kürze geschehen. Bei dem Versuche, die Bahnen der verschiedenen Planeten vom Mittelpunkte der Sonne aus zu bestimmen, haben wir gefunden, daß diese Bahnen in sehr verschiedenen Abständen von der Sonne liegen, daß sie von den Planeten in verschiedenen Zeiträumen und also auch mit verschiedener Geschwindigkeit durchlaufen werden. Im allgemeinen würden wir erkennen, daß die Geschwindigkeit eines Planeten um so größer ist, je näher er der Sonne steht. Denken wir uns nun einfach einen solchen Planeten M (Fig. S. 153), also etwa den Mars, zur Zeit seiner Opposition mit der Sonne seinen Lauf von West nach Ost antretend und in gleichen Zeiträumen nacheinander die Stellungen 1, 2, 3 einnehmend, so wird die Erde E vermöge ihrer größeren Geschwindigkeit in den gleichen Zeiträumen in die weiter auseinander stehenden Orte 1, 2, 3 eingerückt sein. Wollen wir uns also Gesichtslinien von den Orten der Erde zu den wirklichen Orten des Planeten ziehen, so werden diese offenbar Sterne am Himmel treffen, die rechts von dem Stern F stehen, welcher den Ort des Planeten zur Zeit seiner Opposition bezeichnete, und der Planet wird sich scheinbar nach rechts, also nach Westen, bewegen. Erst wenn die stärkere Krümmung der Erdbahn sich geltend macht und die Bewegung der Erde eine immer schrägere Richtung gegen die Gesichtslinie annimmt, wird diese Täuschung aufhören. Es wird dann ein Zeitpunkt eintreten, wo die Gesichtslinien einander parallel werden, also mehrere Tage lang denselben Stern treffen, und der Planet wird dann, obwohl er beständig vorgerückt ist, unbeweglich still zu stehen scheinen.

So haben denn die Erscheinungen der Stillstände und Rückläufe in der Planetenbewegung ihre einfache Lösung in der Thatsache gefunden, daß die Erde ein Planet wie jeder andre ist; sie haben, richtig erkannt und gedeutet, einen der sichersten Beweise für das tägliche Fortrücken unsres Erdkörpers geliefert. Was wir aber für unsre Wanderung gewonnen haben, ist mehr. Wir haben uns durch die Betrachtung der scheinbaren Planetenläufe eine weite, reiche Welt in nächster Nähe eröffnet. Denn was diesseit des ewigen Fixsternhimmels wandelt, ist nah, ist ein Glied der nächsten Heimat, die wir zu betreten haben. Was in seinen Bewegungen noch so deutliche Spuren unsrer eignen Ortsveränderung trägt, was zum Teil selbst gleich den Schatten unsrer Erde verdunkelnd vor der Sonnenscheibe vorüberzieht, das kann nicht in unerreichbarer Ferne schweben.

Innere Ansicht eines Ringgebirges auf dem Monde, nach Nasmyth.

Zweites Kapitel.

Der Mond.

> Anschaun, wenn es dir gelingt,
> Daß es erst ins Innre dringt,
> Dann nach außen wiederkehrt,
> Bist am herrlichsten belehrt.

Dunkle Nacht umfängt uns. In wunderbarer Reinheit breitet sich der Sternenhimmel über uns aus; kein Wölkchen trübt ihn; wie Diamanten funkeln auf tief schwarzem Samt die Sterne. Gerade im Zenith leuchtet in unbeweglicher Ruhe eine mächtige, die uns bekannte Mondscheibe dreizehnmal an Größe übertreffende Scheibe, deren eine Hälfte einen düstern aschgrauen Schimmer, die andre einen silbernen Glanz aussendet, der sich gegen die Mitte hin zum blendenden Weiß steigert. Von dem Glanze dieser Scheibe erleuchtet, breitet sich unter uns eine schattenlose Landschaft aus. Deutlich erkennen wir die zerrissenen Wände eines riesigen Gebirgswalles, der uns rings umschließt; deutlich erblicken wir auf dem Grunde der kraterförmigen Vertiefung, aus welcher sich der Bergkegel, auf dem wir uns befinden, erhebt, jeden Hügel und jede Spalte.

Die Nacht neigt sich ihrem Ende zu. Das verkündet uns der Glanz der am Morgenhimmel auftauchenden Venus. Kein andres gewohntes Anzeichen freilich läßt uns den nahen Anbruch des Tages erwarten, kein Erbleichen der Sterne,

kein vom Morgenlicht rosig umsäumtes Wölkchen über den nahen Bergen. Da erscheinen plötzlich im Westen kleine blendend helle Lichtfunken, die sich schnell vergrößern und zu schmalen, wellenförmigen Lichtsäumen zusammenschießen. Wir erkennen sie bald als die höchsten Gipfel des westlichen Gebirgswalles, die von den ersten Strahlen des uns noch verborgenen Sonnenrandes getroffen werden. Unter uns ist nun eine tiefschwarze Nacht hereingebrochen, und vergeblich bemühen wir uns noch den Fuß jener Gebirgswand zu erkennen, deren oberer, grell beleuchteter Rand gleichsam am schwarzen, sternbesäeten Himmel zu schweben scheint. Endlich taucht über den Bergen im Osten, wo wir längst einen seltsamen weißen, pyramidal aufsteigenden Schein gewahren konnten, ein schmaler weißer Lichtsaum auf, dem bald in blendender, strahlenloser Pracht die Sonnenscheibe selbst folgt.

Die Physiognomie der Landschaft hat sich jetzt völlig verändert. Es ist heller Tag auf unserm Berggipfel geworden, und sein langer spitzer Schatten zeichnet sich schroff an der erleuchteten Terrasse des westlichen Gebirgswalles ab. Über uns glänzen noch immer am schwarzen Himmelszelte die Sterne, und im Zenith schwebt noch immer, wie festgeheftet, die Riesenscheibe, deren leuchtender Teil jetzt aber die Gestalt einer Sichel angenommen hat. Unter uns in der Tiefe herrscht undurchdringliche Nacht. Selbst der nahe Gebirgswall im Osten hat sich unsern Blicken wieder gänzlich entzogen. Dieser Kontrast zwischen der blendenden Lichtfülle oben und der schwarzen Finsternis unten erfüllt uns mit unheimlicher Bangigkeit. Es dünkt uns fast, als schwebe dieser hell erleuchtete Berggipfel, auf dem wir stehen, frei im dunklen Raume. Aber allmählich entwickeln sich auch die Einzelheiten der Landschaft mehr. Namentlich gegen Westen zeigen sich die ganzen Terrassen des Gebirges deutlich erhellt, und wir erblicken an ihrem Fuße zahlreiche kleine Krater und glänzende Hügel. Nur soweit die meilenlange finstere Kegelgestalt des Schattens reicht, welchen unser Berg nach Westen wirft, und in den tiefen schmalen Thalschluchten und Spalten herrscht schwarze Finsternis.

Ein seltsamer Morgen! Wie durch Zauberschlag brach er plötzlich herein. Keinen tierischen Laut erweckte der neue Tag, keinen Windeshauch, kein Säuseln der Blätter. Kein Vogel stieg zu dem schwarzen Himmel auf; keine Blume am öden Boden öffnete ihr sinniges Auge dem Morgenlicht. Alles stumm und farblos! Vergebens sehnt sich das Auge nach einem Schmucke der Landschaft, nach blauen Seeflächen oder grünen Wäldern und Wiesen, nach rauschenden Wasserstürzen oder schneebedeckten Berghäuptern, selbst nach Wolken und Wolkenschatten.

Diese Landschaft, welche wir jetzt im Geiste betrachteten, gehört der Erde nicht an; es ist eine Mondgegend. Schauen wir uns jetzt noch einmal um, und wir werden alles erklärlich finden. Das plötzliche Hereinbrechen des Tages, das Glänzen der Sterne am Tageshimmel, die Schwärze und Schärfe der Schatten, der Mangel an Tönen und Farben, wenigstens für unsre Organe — das alles ist nur die Folge davon, daß es auf dem Monde an einer nach irdischen Begriffen irgendwie wahrnehmbaren Atmosphäre fehlt. Der weiße pyramidale Schein, welchen wir dem eigentlichen Sonnenaufgang vorangehen sahen, ist das uns in der trüben Atmosphäre unsrer irdischen Heimat so selten zu sehen vergönnte Zodiakallicht.

Ideale Ansicht einer Mondlandschaft.

Die leuchtende Riesenscheibe am Zenith ist die Erde, und der blendende Glanz in ihrer Mitte ging von dem ewigen Schnee und Eise ihres Poles aus. Freilich mußte sie uns festgeheftet erscheinen, weil der Mond ja keine von der Erde unabhängige Rotation besitzt, und sich nur in gewissem Sinne um seine Achse dreht. Es geschieht dies nur, indem er die Erde umkreist und darum auch dieser stets dieselbe Seite zuwendet. Sehen wir, wie die Sterne des Tierkreises langsam an dieser Scheibe vorüberziehen! Hätte ich den Leser gestern hierher geführt — aber bedenken wir, daß ich von einem Gestern auf dem Monde spreche, und daß dieses Gestern auf Erden bereits volle drei Wochen hinter uns liegt — hätte ich den Leser also gestern am hellen Mittage auf den Mond geführt, so hätte er ein seltsames Schauspiel erleben können, eine totale, stundenlange Sonnenfinsternis, die stets nur am Mittag in einer solchen Mondlandschaft sich ereignen kann. Er hätte dann die Sonne am hellen Tage erlöschen und schwarze Nacht den mit zahllosen Sternen besäten Mittagshimmel verhüllen sehen. Er hätte dann gesehen, wie nach und nach die Berge im Westen in den finstern Schattenmantel der Erde versanken, bis er die ganze Mondfläche deckte, und nun die mächtige schwarze Erdscheibe sich von dem breiten glänzenden Lichtkranz ihrer Atmosphäre umgeben zeigte, dessen feurige Glut ringsum die Berge mit rotem Schimmer beleuchtete, ähnlich dem Widerschein eines Nordlichts in irdischer Winterlandschaft!

Ein Ringgebirge des Mondes nach Aufgang der Sonne.

Wir werden nun Verlangen danach tragen, etwas tiefer in die Naturverhältnisse, wenigstens in die Formenwelt dieses Weltkörpers eingeführt zu werden, und das soll geschehen, sobald wir uns über die Lage unsres Standortes auf dem Monde einigermaßen orientiert haben. Das dürfte uns aber nicht schwer fallen, denn wir haben an dem Stande der Erdscheibe am Himmel einen ziemlich sicheren Kompaß, wie wir die wechselnden Lichtgestalten dieser Scheibe und noch besser die vorüberziehenden Bilder ihrer Land- und Wassermassen recht gut als Uhr gebrauchen können. Der Stand der Erdscheibe am Zenith zeigt uns also an, daß wir uns nahezu in der Mitte der unsrer Erde zugewandten Mondfläche befinden. Der Berg selbst, auf dem wir stehen, gehört einem jener eigentümlichen ungeheuern Wallgebirge des Mondes an, die wir bald näher kennen lernen sollen, und ist der aus der Kratertiefe aufsteigende Zentralberg desselben.

Im Anschauen der Mondlandschaft, die sich vor uns ausbreitet, werden wir ohne Zweifel gestehen, daß die irdischen Begriffe, die wir sonst mit Landschaften zu verknüpfen gewohnt sind, hier nicht mehr ganz passen.

Die Erde, vom Monde aus gesehen.

In der irdischen Landschaft nimmt das Gemüt teil an dem sinnlichen Eindruck, und ernst oder anmutvoll, erhaben oder furchtbar, spiegelt sich das Bild in unsrer Seele; sei es der Reichtum von Tier- und Pflanzenformen oder der Wechsel von Wald und Feld, Berg und Thal; sei es die dunkle Linie, die den Himmel säumt. Denken wir ferner an den Glanz eines über der Wolkendecke schwebenden Schneegipfels oder an die Flammensäule eines Vulkans oder die dunkelblaue Fläche eines Gebirgssees; was es aber immer sei, das in der irdischen Landschaft unser Auge fesselt, es ist mehr als starre Form, es enthüllt zugleich die Züge eines bedeutungsvollen Lebens. Eine solche physiognomische Betrachtung duldet die Mondlandschaft nicht. Sie kennt nur Formen und Lichtkontraste. Hier schweift das Auge ruhelos über ein wildes, lichtstrahlendes Bergland, und ermüdet von dem Anblick der zahllosen, wild aneinander gedrängten kolossalen Krater, eintönig in ihren Formen, ohne Wechsel des Lichtes und der Farben, wandert der Blick hinüber zu den dunkeln, zackig begrenzten Flächen, die von weiß schimmernden Streifen durchbrochen, von einem blendenden Kranze mächtiger, in schmale nächtige Schatten auslaufender Gebirgsketten umgeben, durch den geheimnisvollen Zauber ihrer Entwickelung aus der Nacht zum Tageslicht den einzigen reizvollen Anblick auf dieser fremdartigen Welt gewähren.

Ein Ringgebirge des Mondes vor Untergang der Sonne.

Was für den landschaftlichen Charakter der Erde die Verteilung von Land und Meer oder von Ebene und Bergland ist, das ist, abgesehen von den farbigen Lebensgewändern, für den Mond die Verteilung der dunklen Flächen, die man sonst für Meere hielt, und die darum noch heute als Meere bezeichnet werden, und des sie ringsum scharf begrenzenden hellen Berg- und Hügellandes. Schon wenn wir mit unbewaffnetem Auge zur Zeit des Vollmondes zu dieser Scheibe aufschauten, war es diese Verteilung, welche den Eindruck bedingte. Die dunkelgrauen, im Fernrohre bisweilen matt grünlichgrau oder schieferfarbig schimmernden großen Flachländer des Mondes sind vorzugsweise über seine nördliche Hälfte verbreitet. Unebenheiten treten zwar auch in ihnen hervor, aber doch nur vereinzelt und selten und niemals in kolossalen Dimensionen; namentlich erscheinen sie als wurmförmig gewundene, oft kaum 20, nie über 300 m hohe graue Bergadern, beulenförmige Auftreibungen, muldenförmige Vertiefungen, kleine Krater, isoliert aufsteigende glänzende Bergkegel, grabenförmig vertiefte sogenannte Rillen und kleine Hügelgruppen. Auch eigentümliche Lichtstreifen, die von den Wällen mächtiger Ringgebirge ausgehen, durchziehen diese Ebenen, ohne aber durch irgend eine Spur einer

Bodenerhöhung die Ursache ihres Lichtglanzes anzudeuten. Man hat in diesen Meeren, gegen welche die Mondgebirge bisweilen ziemlich schroff abstürzen, die Reste einer uralten Oberfläche des Mondes zu erblicken geglaubt, welche später durch innere Gewalten zertrümmert und zum großen Teile von heraufbrechenden helleren Massen überdeckt wurden. Ich werde später zeigen, daß diese Ansicht nicht so ganz grundlos ist, und daß die Astronomen, die durch das Fernrohr in der Urgeschichte des Mondes zu lesen versuchten, nicht immer ganz unglücklich gewesen sind.

Aber wir müssen noch weiter in der Zerlegung unsrer Mondlandschaft vorgehen. Die Verteilung der Unebenheiten ist es nicht allein, welche ihren Charakter bestimmt, auch die Beleuchtung hat einen Teil daran. Ganz anders erscheint sie im vollen Lichte der hochstehenden Sonne, ganz anders in den schiefen Strahlen der auf- oder untergehenden. Zur Zeit des Vollmondes sind es jene großen dunkeln Flächen, welche den Haupteindruck bewirken, daneben die Radien gleich von einzelnen Ringgebirgen auslaufenden breiten und schmalen Lichtstreifen. Das eigentliche Detail aber, die Tausende von Hügeln, Bergen und Kratern, die zur Zeit der Mondphasen den Beobachter mit Erstaunen erfüllen, sind in dem Anblick des Vollmondes, des mittäglich erleuchteten Mondes, meist verschwunden. Viele von ihnen sind nur mit Hilfe von mächtigen Ferngläsern in matten Umrissen zu sehen, andre erscheinen als helle Lichtflecken oder Lichtknoten, und letztere zeigen sich auch häufig an Stellen, wo man bei schräger Beleuchtung, wenn alle Höhen sich durch Schatten verraten, nichts wahrnimmt. Will der Astronom eine Karte des Mondes zeichnen, so darf er nicht die Zeit des Vollmondes wählen, sondern er muß für jede einzelne Mondgegend den Zeitpunkt abwarten, wo die Sonne nur eine geringe Höhe über dem Horizonte hat und die höchste Schärfe der Profile hervortritt. Eine solche Zeit der deutlichsten Sichtbarkeit tritt für jede Mondlandschaft zweimal innerhalb eines Monats, d. h. eines Tages auf dem Monde ein, einmal am Mondmorgen, bei zunehmendem, das andre Mal am Mondabend, bei abnehmendem Monde, für flache Hügelländer mit dem Sonnenauf- und Untergang selbst, für Hochgebirgsland und Kraterlandschaften bei einer Sonnenhöhe von 3—11 Grad. Nahe an der Lichtgrenze des zu- oder abnehmenden

Ein Ringgebirge in der Nähe des Mondrandes von der Erde aus gesehen.

Mondes mit einem Worte müssen die Mondlandschaften betrachtet werden, wenn sie gezeichnet werden sollen; denn diese Lichtgrenze bezeichnet die Orte, von denen man auf dem Monde selbst den Auf- oder Untergang der Sonne erblickt. Die langen schwarzen Schatten, welche die Gebirge dann werfen und die sich oft haarscharf von den beleuchteten Flächen abheben, sind es, welche das Profil der Landschaft in überraschender Deutlichkeit erkennen lassen. Die schmalen Goldsäume erleuchteter Wälle rings um die schwarze Nacht der Kratertiefen und Wallebenen, die Sternen gleich mitten aus der Finsternis aufblitzenden Gipfel der Zentralberge, gehören zu den prachtvollsten Szenen des Mondes, welche dem irdischen Beobachter zu schauen vergönnt sind. Mit dem Steigen der Sonne schwindet allmählich diese Pracht; die Schatten an den Bergen und in den Kratern verkürzen sich und zeigen dem Auge neue Gegenstände, die sie bisher verdeckten.

Hat der Leser aber das Staunen über die Pracht des Anblickes überwunden, so will ich in ihm ein ernsteres Interesse für diese Schattenlandschaften des Mondes zu wecken suchen. In der Schärfe dieser Schatten wird uns nämlich zugleich ein Mittel geboten, uns eine Kunde über das Profil der Mondoberfläche, über die Höhen und Formen ihrer Berge zu verschaffen, in einer Genauigkeit, wie sie uns selbst für irdische Landschaften nicht gestattet ist. Der Leser wird sich vielleicht manchmal über die Kühnheit gewundert haben, mit welcher der Astronom Höhen von Mondbergen nach Metern angibt, und er wird sich noch mehr wundern, wenn ich ihm sage, daß die Höhenangaben für irdische Berge sich noch keineswegs seit langem besonderer Sicherheit erfreuen, daß die Angaben über die Höhe des Pik de Teyde auf Teneriffa noch im vorigen Jahrhundert fast um die Hälfte seiner wirklichen Höhe schwankten, daß selbst die neuern Messungen der thüringer Berge Unsicherheiten in den frühern Annahmen von mehr als 10 m ergeben haben. Was nun die Messung der Höhen von Mondbergen anbelangt, so haben schon die ersten Astronomen, denen es vergönnt war, unsern Trabanten mit Hilfe von Fernrohren zu beobachten, an derartige Messungen gedacht, ja sogar solche ausgeführt. Galilei und Hevelius fanden an der ausgezackten Lichtseite der hellen Mondsichel isolierte glänzende Punkte und erkannten bereits, daß diese nichts andres sein können, als die Spitzen hoher Berge, deren tiefere Teile in Nacht liegen, während die Gipfel bereits von den ersten Sonnenstrahlen erleuchtet werden. Diese Bemerkung führte von selbst auf eine Methode zur Höhenbestimmung solcher Berge. Mißt man nämlich mittels des uns bekannten Mikrometers den geraden Abstand einer solchen Bergspitze von der Lichtgrenze und kennt man gleichzeitig, wie es wirklich der Fall ist, den Durchmesser des Mondes, so kennt man in dem rechtwinkeligen Dreiecke, welches durch die Spitze des zu messenden Berges, den nächsten Punkt der Lichtgrenze und den Mittelpunkt des Mondes gebildet wird, zwei Seiten, nämlich den Halbmesser des Mondes und die Entfernung von der Lichtgrenze, und kann jetzt die dritte Seite, welche gleich ist dem Halbmesser des Mondes nebst der senkrechten Höhe des Berges, leicht durch Rechnung oder Konstruktion finden. Subtrahiert man hiervon den Halbmesser des Mondes, so erhält man die gesuchte Höhe des Berges. Diese Methode ist die einfachste von

allen, auch wurde sie noch von W. Herschel einige Male benutzt; allein sie gibt weniger genaue Resultate als die Messungen mittels der Schattenlängen. Hier sollen es nun die Schatten allein sein, an welchen der Astronom, und zwar von der Erde aus, die Höhen der Mondberge mißt, und wir werden es begreiflich finden, daß die Schwärze und Schärfe dieser Schatten, die durch keine trübe Atmospäre gestört wird, solchen Messungen eine besondre Sicherheit verbürgen muß. Die verschwimmenden, meist in Halbschatten auslaufenden Schatten irdischer Berge eignen sich freilich zu derartigen Messungen nicht. Nur auf Hochgebirgen etwa, wo sich die Schatten über Schneefelder oder Gletscher hinziehen, bietet sich bisweilen eine ähnliche Schärfe der Schattenprofile dar. Der Leser hat das vielleicht selbst erfahren, wenn er einmal einen Sommermorgen auf der Wengernalp im Anblick der riesigen Schneegipfel der Jungfrau und des Mönchs verlebt hat. Aber selbst in diesen Höhen verwischt meist der Dunst der Thäler die Schärfe der Umrisse, und es dürfte wohl nicht unbekannt sein, daß man von den Gipfeln der höchsten Berge oft weniger Detail selbst in den benachbarten Thälern unterscheidet und eine beschränktere Fernsicht genießt, als sie fernliegende, niedrigere Hügel gewähren.

Eine Kraterlandschaft des Mondes bei untergehender Sonne.
(Nach Julius Schmidt.)
a. Die Wallebene Clavius; b. die Wallebene Maginus; c. der Krater Tycho; d. die Wallebene Longomontanus.

Die Höhenmessung von Mondbergen mittels der Schatten erfordert nichts weiter, als daß die Länge des Schattens und der Abstand des Berges von der Lichtgrenze gemessen werden; alles Übrige muß die Rechnung mit Hilfe der astronomischen Tafeln thun. Die mathematische Lichtgrenze findet man nämlich aus dem scheinbaren Abstand des Mondes von der Sonne zur Zeit der Beobachtung; aus dem Abstand des Berges von der Lichtgrenze aber läßt sich wieder die Höhe der Sonne über dem Horizonte des Berges und aus der in Bogenteilen der Mondscheibe ausgedrückten Länge des Schattens die Sonnenhöhe am Ende des Schattens berechnen. Aus dem Verhältnis dieser Sonnenhöhen ergibt sich endlich die Höhe des Berges. Allerdings bleibt diese Höhenbestimmung immer nur eine

relative, weil sie nur den Höhenunterschied zwischen dem Berggipfel und dem Endpunkte des Schattens umfaßt. Sie ist auch ungenau, wenn der Schatten nicht gerade auf eine weite Ebene fällt, und setzt zugleich voraus, daß der Berggipfel nicht sehr flach oder auch nur kuppelförmig abgerundet ist. Sie ist endlich völlig unsicher, wenn der Schatten sich in der Tiefe eines Kraterkessels entwickelt. Dennoch ist durch wiederholte Messungen bereits eine außerordentlich sichere Kunde über die meisten Höhenverhältnisse des Mondes erlangt worden. Bei einzelnen Bergen, wie bei dem 5042 m hohen Calippus und dem 4761 m hohen Huyghens, beträgt die Unsicherheit kaum noch $^1/_{120}$ bis $^1/_{150}$ der ganzen Höhe. Übrigens ist nicht zu vergessen, daß diese und alle andern Höhenbestimmungen auf dem Monde nur die Erhebung über die nächste Umgebung, gewissermaßen über den Fuß der Berge geben können. Denn da es auf dem Monde, wie ich gleich bemerken will, keine allgemeine Niveaulinie gibt, wie sie uns auf der Erdoberfläche der Spiegel des Ozeans darbietet, so können sich alle Erhebungen nur auf die nächste Umgebung beziehen und sind somit relative. Wie groß die absoluten Erhebungen sind, das läßt sich für die Mondberge nicht aus der Länge der Schatten herleiten, ja wir wissen darüber nichts. Wir können uns also immerhin über die Bedeutung eines Mondberges, dessen Höhe wir gemessen, täuschen, und einen Berg von geringerer relativer Erhebung für unbedeutender halten als einen solchen von bedeutenderer, während für beide, wenn wir sie auf ein gleiches Niveau beziehen könnten, ein umgekehrtes Verhältnis eintreten würde. Wollte man in ähnlicher Weise, wie jetzt für den Mond, auch für unsre Erde verfahren, also die relativen Höhen als maßgebend betrachten, so würden der Pic von Teneriffa oder der Ätna in gleichem Range mit vielen Hochgipfeln des Himalayagebirges stehen, ja diese noch überragen. Kehren wir jetzt wieder zum Monde selbst zurück.

Wir müssen staunen, daß man die Höhen der Mondberge nicht allein genauer, sondern auch viel länger kennt, als die Höhen der Berge auf unsrer Erde. Denn ihre Messung schreibt sich mindestens bereits aus Hevels, des Danziger Astronomen, Zeit, also aus der Mitte des 17. Jahrhunderts her, wenn auch erst Herschel und namentlich Mädler und Schmidt durch Vervollkommnung des Verfahrens den Reichtum unsrer heutigen Resultate begründet haben.

Die größte Höhe, welche man bis jetzt auf dem Monde gemessen hat, beträgt 8835 m und ist von Schmidt bei einem Hochgipfel auf dem Nordostwalle des Ringgebirges „Curtius" gefunden worden. Ein andrer Berg in der Nähe des Südpols vom Monde ward von demselben Astronomen zu 8633 m gemessen. Die höchsten Bergerhebungen, die Mädler gefunden, gehören den Gebirgen „Dörfel" und „Leibnitz" an; sie erreichen 7410 m Höhe. Mit diesen enormen Erhebungen korrespondieren die großen Tiefen mancher Kraterbecken; beim Ringgebirge „Kopernikus" beträgt dieselbe 3120, beim „Theophilus" 3315 m; auch der Krater des „Aristarch" reicht 1484 m unter das Niveau der anstoßenden Ebene. Man sieht hiernach, daß die größten Höhenunterschiede auf dem Monde bis zu 12 025 m, vielleicht sogar weit mehr betragen mögen und immerhin zu $^1/_{150}$ des Mondhalbmessers angenommen werden können.

Auf unsrer Erde steigt der höchste Berg, der Mount Everest oder Gaurisankar im Himalayagebirge, bis zu einer Höhe von 8845 m an, erreicht also nur $^1/_{715}$ des Erdhalbmessers, während die größte bisher gemessene Meerestiefe 13 000 m beträgt. Der größte irdische Höhenunterschied ergibt sich daraus zu 22 750 m oder $^1/_{287}$ des Erdhalbmessers. Man sieht daraus, welche besondere Wichtigkeit diese Höhenmessungen auf dem Monde noch dadurch gewinnen, daß sie uns eine Vergleichung der Mondberge mit den Gebirgen der Erde gestatten, und indem sie uns auf die Größe der hebenden Kräfte schließen lassen, zugleich einen Blick in die Geschichte dieses Weltkörpers eröffnen. Was aus dieser Urgeschichte des Mondes bereits erkundet ist, soll dem Leser nicht vorenthalten werden. Es wird freilich zum größten Teile nur ein Abbild unsrer Erdgeschichte sein, aber es wird doch dazu dienen, ihm das Verständnis dieser fremdartigen Formenwelt zu erleichtern.

Der Schatten eines mit Bergspitzen besetzten Ringwalles nach Sonnenaufgang.

Es bedarf keines besondern astronomischen Scharfsinnes, um uns eine Eigentümlichkeit in den Oberflächenformen des Mondes entdecken zu lassen, die ihn auf das auffälligste von unsrer irdischen Welt unterscheidet. Das ist die vorherrschende Kreisform. Während diese auf der Erde im allgemeinen nur selten, etwa in einigen Inselgruppen der Südsee und bei einzelnen Vulkanen, deutlich ausgeprägt auftritt, sehen wir auf dem Monde sie tausendfach wiederholt, von den größten Gebirgsformen bis zu den kleinsten, kaum menschlicher Sehkraft noch zugänglichen Gebilden. Wir sehen hier (S. 171) ein Gesamtbild des Vollmondes, wie es sich in einem schwach vergrößernden Fernrohr darstellt. Die helleren Partien sind vorzugsweise die gebirgigen, die dunklen die ebeneren. Der große Astronom Kepler glaubte, letztere seien die Analoga unsrer Ozeane, und hielt sie für wirkliche Mondmeere. Heute wissen wir, wie ich schon erwähnte, daß diese Meinung falsch ist, aber der Name blieb, und man nennt eine solche

Flacher Ringwall kurz vor Sonnenuntergang.

dunkle Fläche bekanntlich ein Mare. Betrachten wir nun diese einzelnen Mare genauer, so werden wir finden, daß sie eine deutliche Tendenz zu kreisförmiger Bildung zeigen. Gegen den Rand der Mondscheibe hin werden sie uns aber freilich elliptisch erscheinen, weil der in Wirklichkeit kugelförmige Mond sich in Projektion darstellt und wir schief gegen diese Mondgegenden sehen. Ein Kreis, den wir schräg von der Seite her betrachten, erscheint bekanntlich stets elliptisch.

Das Ringgebirge Tycho und Umgebung, nach Zeichnung von Nasmyth.

Am deutlichsten zeigt sich freilich die Kreisform bei den Ringgebirgen und Kratern des Mondes. Die große Zahl dieser kreisförmigen Vertiefungen und ihre auffallende Regelmäßigkeit setzte schon Kepler in Erstaunen. Sie brachten ihn auf den gewiß sonderbaren Gedanken, diese kraterförmigen Höhlen seien von den Mondbewohnern absichtlich gegraben worden, um an ihrem heißen Mittage im Schatten ihrer Wände einen Schutz zu finden vor der 15 volle Erdentage ununterbrochen dauernden Einwirkung der Sonne. Hätte freilich Kepler damals schon

eine Ahnung gehabt von den wahren Durchmessern dieser Mondkrater, hätte er gewußt, daß mancher, nicht einmal von den größten, groß genug ist, um dem Chimborazo, dem Montblanc und dem Pik von Teneriffa zusammen in seiner Höhlung Platz zu gewähren, so würde er wahrscheinlich seine Vorstellung von solchen selenitischen Cyklopenbauten aufgegeben haben.

Was sollen wir nun aber zu dieser wunderbaren und so häufigen und verbreiteten Kreisform der Oberflächengebilde des Mondes sagen? Ist sie keine absichtliche, d. h. künstliche, so kann sie doch auch keine bloß zufällige sein. Wir werden daher ihren Ursprung in den Katastrophen suchen müssen, welche einst die jetzige Gestalt der Mondfläche bildeten, und welche, in der Urzeit am gewaltigsten, zuerst große Mare und Wallflächen, wie das Mare Crisium und Mare Serenitatis, die Wallebene Kästner und das Mare Humboldtianum schufen, dann aber, zwar in verkleinertem Maßstabe, aber an Zahl wachsend, jene Hunderte von Ringgebirgen und jene Tausende von Kratern hervorriefen, die manche Gegend des Mondes wie mit Blasen und Perlenschnüren bedeckt erscheinen lassen. Da zeigt sich uns die Anlage zur Urgeschichte des Mondes!

Das Ringgebirge Clavius kurz nach Sonnenaufgang.

Die Maren zeigen also sehr häufig eine mehr oder weniger kreisförmige oder doch rundliche Gestalt, außerdem findet man, daß sie oft von Gebirgen umrandet werden, die sie gleich ungeheuren Bollwerken oder Küsten umgeben; endlich liegen die Maren fast immer tiefer als ihre Umgebung, kurz sie machen auf die Mondbeobachter den Eindruck, als seien sie die Betten voreinstiger Mondmeere. Mir wenigstens ist dieser Eindruck stets bei Betrachtung der Maren gekommen, besonders in Fällen, wenn sich ein Mare von so ausgeprägter Beckengestalt wie das Mare Serenitatis nach und nach aus der Mondnacht entwickelte. Man erkennt dann im Innern dieses Mare mehrere mit dem äußern Umfange mehr oder weniger konzentrische Terrassen und wird dabei unwillkürlich an die Terrassenbildung gewisser Küsten unsrer irdischen Meere erinnert. Auf den Terrassen der Mond-Maren erkennt man bisweilen niedrige, flache, wurmförmig durch die Ebene hinziehende Hügel, auf denen nicht selten niedrige Kuppen noch deutlich an ihren Schatten wahrgenommen werden können; auch kleine Krater zeigen sich, kurz das Innere eines Mare zeigt eine reiche Mannigfaltigkeit von Bildungen und sein Studium am Fernrohr hat einen unglaublichen Reiz.

Die ältesten Bildungen des Mondes sind jedenfalls nächst den großen kreisförmigen Maren die sogenannten Wallebenen, wie Plato, Ptolemäus, Grimaldi u. a. Sie messen gewöhnlich zwischen 14 und 30 Meilen im Durchmesser. Ihr häufig bis 4000 m ansteigendes Wallgebirge ist stark zerklüftet oder zertrümmert, gewöhnlich terrassenlos und oft so von jüngern Kratern und sogenannten Rillen entstellt und verwüstet, daß es nur bei günstiger Beleuchtung als zusammenhängendes Ganzes erscheint. Die innere Wallfläche selbst zeigt sich wenig vertieft, oft sogar beulenförmig aufgetrieben und gleichfalls mit Kratern und kleinen Hügeln bedeckt oder von Rillen durchfurcht. Jüngern Ursprungs dürften schon jene kolossalen Ringgebirge sein, welche zwar gleichfalls noch in ihren Wällen wie in ihren inneren Flächen gewaltige Zertrümmerungen und Störungen durch spätere Krater zeigen, die aber zugleich durch die bedeutende Einsenkung der inneren Flächen sich schon der eigentlichen Kraterform nähern. Sie haben oft über 30 Meilen im Durchmesser, wie das schöne Ringgebirge Clavius, und die Gipfel ihres Walles steigen oft zu 5500 m über der inneren Tiefe auf. Ein entschieden jüngeres Alter kommt aber den eigentlichen großen Kratern des Mondes zu. Dafür spricht einerseits die bedeutende Vertiefung ihres Innern, anderseits die regelmäßigere Kreisform ihrer mauerartigen Umwallung, die stets in mehrfachen, oft fünffachen Terrassen gegen die innere Tiefe abfällt, aus der wieder stets ein meist mehrgipfeliges Zentralgebirge aufsteigt. Die Breite dieser kraterartigen Ringgebirge beträgt noch zwischen 9 und 12 Meilen und der Höhenunterschied zwischen dem Walle und der Tiefe oft 4 bis 5000 m. Störungen durch spätere Krater sind bei ihnen nur in verhältnismäßig geringem Grade zu erkennen.

Im allgemeinen bilden die kreisförmigen Formationen des Mondes vertiefte Becken, die von einem Walle umgeben sind, der oft bis zu 1300, ja bis 2600 m über das umgebende Land aufsteigt. Diese Wälle zeigen sich bisweilen zerklüftet und unterbrochen, gewöhnlich aber an dem obersten Rande äußerst scharf und von einzelnen hohen Gipfeln oder kleinen wellenförmigen Buckeln und Zacken gekrönt. Nach außen meist sehr allmählich und mit geringer Neigung in die Ebene verlaufend, stürzen diese Wälle dagegen nach innen oft mauerartig schroff in die Tiefe. Doch wird diese Schroffheit in der Regel durch eine Reihe von Terrassen gemildert, die, durch enge Thalschluchten voneinander getrennt, oben äußerst schmal und steil beginnen, allmählich nach der Tiefe zu breiter, unregelmäßiger, zerklüfteter werden und endlich in kleine Hügelgruppen übergehen, die den Boden der Kratertiefe bedecken, und aus denen sich bisweilen wieder ein Zentralberg erhebt, der jedoch nie ganz die Höhe des äußeren Wallrandes erreicht. Nicht immer aber ist der Kraterboden ein wirklich vertieftes Becken. Oft erscheint er wie aufgetrieben in Gestalt einer Beule oder Kuppel, welche den Zentralberg trägt oder mit kleinen Kratern und Hügeln oder noch niedrigeren Bergadern bedeckt ist. In vielen Fällen liegt der innere Boden oder Kessel eines Ringgebirges noch immer bedeutend höher als die äußere Umgebung. Ein instruktives Beispiel bietet in dieser Beziehung Mersenius, dessen innere Fläche nach den Messungen von J. Schmidt wenigstens 1000 m höher liegt als das Mare humorum und ebenso

viel tiefer als die östliche Ebene. Dieser Boden ist blasenartig aufgetrieben. Seine Messung lieferte dem athenischen Astronomen den Beweis, daß die Region der inneren kleinen Krater fast 500 m höher liegt, als der Fuß der östlichen inneren Terrassen. Für einen Hochgipfel des Mersenius fand J. Schmidt 2057 m Höhe über der Tiefe des inneren Kessels und 4230 m Erhebung über dem anstoßenden Mare humorum. An dieser Stelle liegt also der Boden des umwallten Ringgebirges gegen 2000 m höher als der entsprechende Punkt des Mare.

Das Ringgebirge Kopernikus bei Abendbeleuchtung, nach Smyth.

Wenn ich eben das Innere der Ringgebirge als Kessel bezeichnete, so dürfen wir deshalb nicht glauben, dasselbe sei ausgehöhlt, ganz und gar kesselförmig. Im Gegenteil zeigen sich hier bei hinreichenden Vergrößerungen sehr mannigfaltige Bergbildungen. Meist erblickt man in der Mitte ein kleines Zentralgebirge oder einen einzelnen pickförmigen Berg. Die schöne Zeichnung, welche Admiral Smyth von dem Ringgebirge Kopernikus gegeben hat und die ich hier in einer sehr gelungenen Nachbildung vorführe, zeigt besonders deutlich das reiche Detail einer Ringgebirgslandschaft des Mondes. Der Durchmesser dieses Ringgebirges beträgt 12 geographische Meilen und die höchste Erhebung 3440 m über der inneren Fläche. Wir sehen in der Zeichnung die Schatten der Hochgipfel

des rechten Walles sich in der Tiefe dahin ziehen, ebenso erblicken wir das reich gegliederte Zentralgebirge,[1] dessen höchster Punkt nur 805 m aufsteigt. Einige Krater und zahllose Gruben vervollständigen mehr oder weniger das charakteristische Aussehen der Landschaft.

Das Bild S. 166 gibt uns eine naturgetreue Darstellung der Umgebungen des gewaltigen Ringgebirges Tycho auf der südlichen Mondhälfte. Dieselbe ist nach einer Zeichnung von Nasmyth angefertigt. Wenn wir über diese Figur ein kreisförmiges ausgeschnittenes Stück schwarzes Papier ausbreiten und dann den unbedeckten Teil durch ein Kartenblatt betrachten, in welches mittels einer Nadel eine feine Öffnung gemacht worden, so haben wir ein Bild, welches täuschend dem Anblicke der betreffenden Mondlandschaft in einem großen Fernrohre gleicht. Das Ringgebirge Tycho hat einen Durchmesser von $11^7/_{10}$ Meilen und Bergerhebungen bis zu 5800 m. Im Vollmonde erblickt man von diesem Ringgebirge helle Strahlen nach allen Seiten auslaufend. Wir können dann diese wunderbaren, geraden, hellen Lichtstreifen schon mit einem gewöhnlichen Taschenfernrohr von der Erde aus erblicken. Sie entsprechen durchaus weder Vertiefungen noch Erhöhungen, denn sie verschwinden an der Lichtgrenze ohne die geringste Spur eines Schattens und machen sich, wo sie auch auftreten, in Gebirgen, Kratertiefen oder grauen Ebenen, in der That nur bemerkbar durch den Kontrast gegen die Bodenfarbe.

Bisweilen verzweigen sie sich oder setzen streckenweise aus; bisweilen erscheinen sie in solcher Fülle und solchem Glanze, selbst im hellen Gebirgslande, daß sie zur Zeit des Vollmondes die großen Kraterformen völlig unkenntlich machen. Sie bedecken dann fast ein Viertel der Mondscheibe, und man gewinnt den Eindruck, als wenn eine helle Masse aus dem Innern jenes Ringgebirges, wie Lava aus dem Krater eines Vulkans, ausgebrochen und nach allen Richtungen weithin abgeflossen sei. Neben dem Ringgebirge Tycho zeigen auch die analogen Gebilde der Mondoberfläche, welche die Namen Anaxagoras, Aristarch, Kepler, Kopernikus führen, eben solche Lichtstrahlen und man nennt sie deshalb strahlende Ringgebirge. Die Breite der hellen Strahlen ist außerordentlich verschieden, sie wechselt zwischen $1^1/_2$ und 30 km.

Die Ausbreitung dieser Lichtstrahlen ist weder durch Gebirge noch durch Thäler begrenzt, vielmehr ziehen sie ohne Rücksicht auf die Bodengestaltung über weite Flächen des Mondes fort und ändern meist ihr Aussehen und ihre Richtung nicht wesentlich, wenn sie ein Hochgebirge durchsetzen oder durch eine ebenere Fläche laufen. Bisweilen vereinigen sich mehrere feinere Strahlen und bilden eine Art Lichtknoten, einen hellen Fleck, der aber keinen Schatten wirft. Ob er freilich nicht dennoch eine Bodenerhöhung darstellt, läßt sich nicht entscheiden, denn wenn diese gering ist und in Gestalt eines sehr flachen Kegels rings herum abfällt, so hört jeder Schattenwurf auf und damit auch für uns jedes begründete Urteil, ob Bodenerhöhung oder nicht.

Die wissenschaftliche Deutung der im Vorstehenden besprochenen hellen Streifen des Mondes ist mit außerordentlichen Schwierigkeiten verknüpft, oder

vielmehr wir wissen noch gar nichts darüber. Früher hat Mädler eine Hypothese aufgestellt, welche sie, im Anschluß an gewisse irdische Erscheinungen, als die Wirkung einer großartigen plutonischen Metamorphose auffaßt. Nach dieser Ansicht sollen nämlich die empordrängenden Mächte des Mondinnern, wahrscheinlich erhitzte Gase, nicht immer in senkrechter Richtung gewirkt haben.

Karte des Mondes.
(Die römischen Ziffern bedeuten die Mare, die deutschen Ziffern die Ringgebirge und Krater.)
II Mare imbrium, III M. nubium, IV M. humorum, VI M. serenitatis, VIII M. tranquillitatis, IX M. crisium, X M. foecunditatis, XI M. nectaris.
2. Ringgebirge Kepler, 3. Mayer, 4. Kopernikus, 5. Eratosthenes, 9. Condamine, 10. Aristillus, 11. Autolicus, 12. Cassini, 13. Plinius, 15. Pythagoras, 16. Archimedes, 17. Huyghens, 18. Tycho, 19. Maginus, 20. Newton, 21. Aristoteles, 22. Euklides.

Sie sollen vielmehr unter der bereits erhärteten und nicht mehr leicht zu durchbrechenden Rinde horizontal einer großen Ausbruchsstelle, einer Art vulkanischen Esse, zugeströmt sein und dabei auf ihrem ganzen Laufe die Oberfläche, d. h. wahrscheinlich nur die Struktur ihrer Massen, strichweise und derart verändert haben, daß deren Fähigkeit, das Sonnenlicht zu reflektieren, bedeutend erhöht wurde. Hiernach wäre also die helle Materie das Entgegengesetzte der Lava, indem sie nicht dem

Krater entströmte, sondern vielmehr von allen Seiten gegen diesen Krater hinzog. Mir scheint dies sehr wenig wahrscheinlich zu sein, denn alle Schwierigkeiten, welche sich der Annahme entgegenstellen, die helle Materie sei aus dem betreffenden Krater ausgeströmt, lassen sich auch gegen Mädlers Hypothese anführen. Dann steht dieser besonders entgegen die Erscheinung der sogenannten „umglänzten“ Krater, die ohne ein eigentliches Strahlensystem ringsum einen außerordentlich hellen weißen Schimmer verbreiten, der nach außen oft in seltsamen Figuren verläuft und bisweilen noch seitwärts unter dem dunkeln Grau der Mare durchzuschimmern scheint, als ob meilenweit um einen solchen Kraterwall die graue Decke der Urzeit zerstört worden wäre. Die Entstehung dieser umglänzten Krater kann man sich am besten so erklären, daß eine helle Materie lavaartig aus dem Krater floß und die Kraterwände hinabstürzend die helle Färbung erzeugte. In andern Fällen füllte die ausfließende Materie den Kraterabhang allmählich an, so daß die Neigung desselben sehr gering, der Umfang am Fuße im Vergleich zur Höhe also sehr bedeutend wurde. Ein solcher sehr flacher Kraterkegel kann dann keinen von der Erde aus wahrnehmbaren Schatten mehr werfen, er ist bei geringer Sonnenhöhe unsichtbar, bei hohem Sonnenstande erscheint er dagegen als heller Fleck. Wirklich findet man auf dem Monde zahlreich solche hellen Flecke, und in einigen wenigen erkennt man noch die zentrale Kraterhöhle. Auch jene merkwürdigen Hügelketten, die sich strahlenförmig oft neben jenen Lichtstreifen um manche Krater, wie namentlich den Kopernikus und Aristoteles, ausbreiten, dürften verwandten Ursprungs sein.

Unter denjenigen größeren Kratern des Mondes, welche die Regelmäßigkeit ihrer Kreisform, die Vertiefung ihres Innern, die Anwesenheit von Terrassen und Zentralbergen als jüngeren Alters bezeichnen, gibt es einige, welche in neuerer Zeit noch durch eine eigentümliche Entdeckung merkwürdig geworden sind. Durch mächtige Fernröhre nämlich — welche für den Mond dieselbe Bedeutung erhalten, wie Reisen für die Entdeckung der Länder der Erde — haben neuere Astronomen in der Tiefe manches dieser durch furchtbare Schroffheit ihrer Wände ausgezeichneten Krater noch einen zweiten Krater erblickt, dessen Wall nicht nur den inneren Fuß des Hauptwalles unmittelbar berührt, sondern auch fast zu gleicher Höhe mit ihm aufsteigt. Man sieht hier also Doppelkrater, die gewissermaßen zu vergleichen sind mit den Eruptionskratern unsrer irdischen Vulkane, die aus den Wällen alter Krater aufsteigen. Ein merkwürdiges Ringgebirge, dessen hier passend gedacht werde, ist z. B. Vitello, indem es um seinen Zentralberg eine zweite Umwallung besitzt und dadurch eine gewisse Analogie mit den kleinen Doppelkratern zeigt.

Die jüngsten in der Reihe der ringförmigen Gebilde des Mondes sind jene kleinen Krater, deren Zahl man bereits auf mehr als 50 000 schätzt. Sie haben überall durchbrochen, was die älteren Katastrophen ungestört ließen; sie bedecken die Wälle und Zentralberge älterer Ringgebirge wie ihre Terrassen und Kratergründe. In den Ebenen liegen sie oft so nahe bei einander und namentlich oft perlschnurartig in langen Reihen geordnet, als wären sie auf einer gemeinsamen Spalte ausgebrochen.

So zeigen sich zwischen dem Kopernikus und Eratosthenes auf einer Strecke von kaum 15 Meilen ungefähr 300 kleine Krater, oft kaum 40 bis 120 m hoch, die mit ihren ineinander geflossenen Kraleröffnungen fast eine schmale Thalschlucht bilden. Westlich von dieser Gegend liegt ein altes Ringgebirge mit sehr niedrigem Walle, das den Namen Stadius erhalten hat. Das Innere desselben zeigt eine Menge kleiner Krater, deren mehrere schon von Mädler gesehen wurden. Wenn die Sonne über dieser Fläche aufgeht, kann man bisweilen erkennen, daß diese Krater alle auf kleinen, steilen Kegelbergen sitzen, die schmale, spitze Schatten hinter sich werfen. Dann gewinnt diese Gegend das Ansehen eines Waldes von Stacheln.

Die strahlenden Ringgebirge Kopernikus, Kepler und Aristarch bei hohem Sonnenstande.

Am nächsten Tage indessen, wenn die Sonne höher gestiegen und die Schatten kürzer geworden sind, ist von diesen Stacheln keine Spur mehr zu sehen.

Als eng mit den Kraterbildungen des Mondes verknüpft muß ich auch noch jene wunderbaren Erscheinungen bezeichnen, die man Rillen genannt hat. Es sind lange, schmale Furchen, grabenartige Vertiefungen, die an ihren Rändern zu beiden Seiten meist wallartig erhöht, bei einer Breite von 200—4000 m und einer Tiefe von 100—400 m oft 4—20 Meilen weit sich erstrecken. Man ist schon auf den ersten Blick versucht, sie für Risse zu halten, die sich etwa durch schnelle Erkaltung des zeitweise stark erhitzten Bodens gebildet haben könnten. Mädler und selbst auch Schmidt halten sie dagegen für mit den kleinen Kratern verwandt. Mädler schloß aus seiner Beobachtung, daß einzelne Rillen nicht allein

die Wälle mancher kleinen Krater durchbrochen haben, sondern daß sie selbst oft geradezu als das Resultat zahlreicher, nebeneinander liegender, in einer gemeinsamen Richtung durchbrochener Krater erscheinen. „Man erblickt oft", sagt er, „gleichsam eine lange, von vielen halbmondförmigen Kraterwällen beiderseits eingefaßte Furche. Dieser letztern Meinung kann ich auf Grund meiner sehr eingehenden Studien zahlreicher Mondrillen nicht beipflichten. Die Rillenwände sind oft sehr zerklüftet und verwittert oder zerfallen und ausgebuchtet wie die Ufer unsrer Flüsse; in kleinen Fernrohren zeigen diese Ausbuchtungen dann eine entfernte Ähnlichkeit mit kraterförmigen Erweiterungen, aber in größeren und besseren Instrumenten verschwindet die Illusion". Wir sehen S. 175 zwei Mondlandschaften, welche durch eigentümliche Rillen ausgezeichnet sind. Diese Karten sind Kopieen der betreffenden Teile in der großen Mondkarte von Mädler. Die erste enthält die Umgebung der Ringgebirge Tacitus, Almanon und Abulfeda. Zwischen diesen beiden letzteren zieht sich nun eine merkwürdige Rille dahin. Sie beginnt an einem gegen 3000 m hohen Bergkopfe im östlichen Teile des Walles von Abulfeda. Zuerst erblickt man zwei Krater, eng verbunden, hierauf fünf andre, durch kurze Stücke der Rille zusammenhängend, deren letzter sehr hell ist und einen hohen Wall besitzt. Nun zieht die Rille 6 Stunden weit ziemlich gleichmäßig fort, worauf ein achter und gleich darauf ein neunter und größter Krater folgt.

Auf der zweiten Karte sieht man eine merkwürdige, von vielen Rillen durchzogene Landschaft des Mondes. Die Rille, welche durch den Krater Hyginus zieht, ist unter allen zuerst entdeckt worden: am 5. Dezember 1788 von H. Schröter. Schon mit einem zweifüßigen achromatischen Fernrohr ist sie bei günstiger Beleuchtung sichtbar. An ihrem nordöstlichen Ende erscheint sie als ein ziemlich flaches, etwa 2300 m breites Thal, bald aber wird sie beträchtlich enger und schroffer. Sie trifft zunächst, erläutert Mädler, auf vier Krater, deren zweiter gegen 3000 m, die übrigen nur gegen 330 m Durchmesser haben. (Diese angeblichen Krater sind nur lokale Erweiterungen der Rillenufer.) Den fünften und größten, Hyginus, durchsetzt sie mit selbständig erhöhten Rändern, nachdem sie seinen Wall gesprengt hat, und gelangt darauf zu fünf andern Kratern (lokalen Erweiterungen), in deren Nähe auch die bis dahin ganz freie Ebene durch einen an den Rand der Rille tretenden Hügel unterbrochen wird. Am Südende dieses Teiles zeigen sich einige dunkle und ein großer grünlich schimmernder Fleck. Sie endet ziemlich, wie sie begann, und ein flacher, in der Richtung der Rille fortschreitender Hügel setzt ihr die Grenze. Ihre Breite beträgt zwischen 1300 und 1600 m. Mit starken Ferngläsern erkennt man übrigens, daß die Rille neben jenem flachen Hügel fortzieht und sich noch in mehrere Arme spaltet, von denen einer bis in die Vorhöhen des Ringgebirges Agrippa dringt. Wenn man die Rille unter günstigen Beleuchtungsverhältnissen beobachtet, so sieht man die wilde Zerklüftung der fast senkrecht abstürzenden Felswände der Ufer dieser Rille, ja man kann geringe Farbenunterschiede des Gesteins wahrnehmen, wo die Sonnenstrahlen hell genug von den Felsen zurückgeworfen werden.

Die Rille links von Triesnecker ist in kleinen Ferngläsern schwierig zu sehen.

Rillen des Abulfeda (oben), des Hyginus (unten).

In ihrer Mitte nahe am Fuße des Triesnecker bildet sie eine knieförmige Ecke, und dies ist ihre deutlichste Stelle. Der nördliche Teil ist ein einfacher, schwach gekrümmter Zug, der südliche wellenförmig gekrümmt und ebenso lang als der nördliche. In beide Teile münden andre Rillen ein, ja in größern Instrumenten erkennt man hier ein äußerst kompliziertes System von großen und kleinen, geraden und geschlängelten Rillen.

Diese Rillen sind ohne Ausnahme alle schwieriger zu sehen als die vorher besprochenen. Mädler, welcher mehrere davon entdeckte und genau beschrieb, sah niemals das ganze hier befindliche Rillensystem. Die Rille nördlich von Silberschlag ist groß, breit und bequem sichtbar, man nennt sie Ariadäus-Rille. Sie durchschneidet mehrere Berge und zieht sich auf einem großen Teile ihres Laufes in einem engen Tiefthale hin. Ihr Ende findet sie bei einem kleinen Krater zwischen flachen Uferflächen. Sie zeigt sich sogar im Vollmond als ein heller Lichtstrich und kann kurz vor dem ersten Viertel schon in einem Fernrohre von 4 cm Objektivdurchmesser und 45 cm Brennweite ziemlich deutlich gesehen werden. Sehr merkwürdig ist eine Querrille, welches die große Rille des Hyginus mit derjenigen des Ariadäus verbindet, und zwar da, wo sich beide am nächsten kommen. In der oben mitgeteilten Karte der Rillenlandschaft um den Krater Hyginus sehen wir die Rille des Ariadäus rechts (oder östlich) an einem länglichen Krater endigen. Dies ist nicht genau, denn in Wirklichkeit zieht die Rille noch weiter gegen Nordost, doch ist sie hier zwischen den Hügeln oft schwer zu verfolgen, und Mädler hat diesen Teil der Rille nicht gesehen. Hier nun findet sich die Querrille, welche von der Hyginusrille kommt und beide Rillensysteme miteinander verbindet. Gruithuisen hat sie zuerst entdeckt, ich habe sie

Krater der Erde.

1) Der Krater der Insel Palma; ab Meeresfläche, cde Krater.
2) Krater des Vesuvs: cde der alte Krater, c Rand der Somma, e der fehlende südliche Rand des alten Kraters, nn der eigentliche Vulkankegel, o der Ausbruchkegel.
3) Durchschnitt der Insel Teneriffa; acdeb der alte Zirkus, efn Vulkankegel des Pik de Teyde, n Hauptkrater, o, u, s, r seitliche kleine Krater.
4) Mare der Eifel.
5) Ein aus dem Meeresgrunde aufsteigender Vulkan.

später wiederholt gesehen und genauer untersuchen können, wobei sie sich als ziemlich flaches, schmales Thal mit zerfallenen Wänden erwies. Merkwürdigerweise ist diese Rille zu gewissen Zeiten durchaus nicht zu sehen, während sie zu andern Zeiten sehr leicht ins Auge fällt. Überhaupt ist dieser Teil der Mondoberfläche außerordentlich interessant und verdient eine genaue Untersuchung mit Hilfe der größten Teleskope.

Eine merkwürdig geschlängelte Rille findet sich beim Ringgebirge Herodot in der Nähe des Aristarch. Im Vollmonde ist sie als helle Linie unschwer zu erkennen, und auch sobald die Lichtgrenze bei zunehmendem Monde über sie hinweggestrichen ist, genügt selbst schon ein kleines Fernrohr, um die Rille zu sehen.

Krater des Mondes.

1) Durchschnitt einer Wallebene; ab umgebende Mondfläche, ce Kamm des Wallgebirges, df Durchmesser der inneren Fläche, ghk kleine Krater, i ein Hügel.

2) Durchschnitt eines großen Kraters; ac und eb äußere Abdachung des Kraterwalles, ce Kraterrand, cd und ef innere Böschung, g und h Terrassen, k Zentralberg.

3) Kleine Krater: I. mit Terrassen und Zentralberg, II. ohne beides, III. ein Doppelkrater.

4) Durchschnitt des Bergrückens Huyghens; d ein kleiner Krater in einer Höhe von 5250 m.

Die geschlängelte Gestalt dieser Rille (Abbildung S. 181) erinnert auf den ersten Blick an unsre Flüsse, auch wird sie gegen das eine Ende ihres Laufes hin breiter, schroffer und tiefer. Dort erblickt man 15 km von ihrem Endpunkte eine kraterförmige Erweiterung der Rille, und letztere hat hier eine Breite von 3200 bis 3900 m. Kurz vor der Mündung in das Becken des Herodot verengert sie sich wieder sehr, und es wird schwierig, sie zu verfolgen. Wenn man mit Hilfe eines guten Fernrohrs bei zunehmendem Monde die Entwickelung dieser Rille aus der Nachtseite des Mondes verfolgt, so wird man, sobald die Sonne über der westlichen Hälfte aufgegangen ist, überrascht von einer sehr intensiven violetten Färbung, die sich auf dem Plateau zwischen dem Ringgebirge Herodot und dem daneben liegenden Aristarch entwickelt und ungemein deutlich ist. Zu gewissen Zeiten habe ich diese Färbung sich weit

hin ostwärts über die Rille ausdehnen sehen, zu andern Zeiten erscheint sie schmaler. Die Ursache der Färbung ist noch nicht bekannt. Nordwestlich vom Aristarch findet sich ein merkwürdiges System von geschlängelten und hakenförmig gekrümmten Rillen, das im allgemeinen nicht schwierig zu sehen ist. Trotzdem ist es den frühern Mondbeobachtern, besonders Mädler, entgangen und erst am 10. Mai 1862 von Schmidt in Athen aufgefunden worden. Freilich darf man nicht vergessen, daß auch Mädler seine berühmte Mondkarte nur mit Hilfe eines Fernrohrs von 44''' Objektivdurchmesser anfertigte und daß deshalb die zahlreichen Rillen, welche man später mit größeren Ferngläsern entdeckt hat, nur wegen ihrer Schwäche den Nachforschungen Mädlers entgingen, keineswegs aber seitdem neu entstanden sind.

Was den Rillen eine ganz besondere, wenn auch etwas abenteuerliche Bedeutung verleiht, ist, daß man sie eine Zeitlang unter dem Einfluß einer stark erhitzten Phantasie für Bauwerke der Mondbewohner, etwa für Kanäle, Straßen &c. gehalten hat. Wir sehen, wie sehr man sich zu hüten hat, sein eignes menschliches Bedürfnis auf Wesen zu übertragen, von deren Dasein, geschweige von deren Lebensbedingungen und Lebensweise, man auch nicht die geringste Kenntnis hat, wenn man nicht dahin kommen soll, vernünftigen Wesen, wofür man doch die Mondbewohner ausgibt, Thorheiten zuzumuten, die selbst auf Erden verlacht werden würden. Was sollen die Mondbewohner mit Kanälen oder Straßen von so kolossalen Dimensionen, die zumal oft schnurgerade über Berg und Thal laufen und wohl gar plötzlich mitten in einer Kratertiefe abbrechen!

Aber auch bei Vergleichung der Gebirgsformen des Mondes mit denen der Erde kann man nicht vorsichtig genug sein. Wenn man zu Hevels Zeit noch Ähnlichkeiten zu finden glaubte zwischen bergumwallten Ländern der Erde, wie Böhmen, und Wallebenen des Mondes, so haben die Fortschritte unsrer irdischen Geologie sowohl als der Mondkunde (Selenographie) solche Vergleichungen unhaltbar gemacht. Die kreisförmigen Gebilde des Mondes finden nach meiner Ansicht nur eine sehr oberflächliche Analogie in den Kratern der Erde. Sind sie wie diese die Wirkungen erumpierender Kräfte, so haben diese jedenfalls auf dem Monde eine weit großartigere Thätigkeit entwickelt, als auf der Erde. Nicht allein bedecken die Krater seine Fläche in außerordentlicher Zahl, sondern sie zeigen auch Dimensionen, wie sie denen der Erde durchaus fremd sind. Davon überzeugen wir uns mit einem Blicke, wenn wir Profile von irdischen Vulkanen, Erhebungskratern, Solfataren den Profilen von Ringgebirgen, Wallebenen, Kratern und Bergrücken des Mondes gegenüberstellen. Während auf der Erde der größte Kraterdurchmesser bei der Caldeira de Fogo etwa $7^1/_2$ km und die größte Kratertiefe bei der Caldeira de Palma 800 m erreicht, finden wir auf dem Monde Krater, wie den Theophilus, mit einem Durchmesser von 87,5 km und einer Tiefe von 5200 m. Außerdem zeigt eine Vergleichung von Kratermessungen auf dem Monde, daß dort im allgemeinen mit der Abnahme des Kraterdurchmessers die relative Tiefe zunimmt, während auf der Erde in dieser Beziehung die größte Unregelmäßigkeit herrscht, wie überhaupt hier bis jetzt noch nicht der geringste

Zusammenhang nachgewiesen ist zwischen den Dimensionsverhältnissen eines Vulkans und seiner Meereshöhe oder seinem Bau und der Natur einer Caldeira, eines Zentralvulkans oder eines randlosen Mares. Wir werden ferner finden, daß, wenngleich die kleinen Krater des Mondes in einzelnen Fällen die höchsten Kämme der Ringgebirge bedecken, doch eigentliche Kraterberge, wie der Ätna oder Kotopaxi, d. h. mit Kratern gekrönte hohe Berggipfel, zu den äußersten Seltenheiten gehören. Recht schlagend wird der Unterschied zwischen den irdischen Vulkanen und den Kratern des Mondes, wenn ich noch bemerke, daß vom Monde aus vielleicht kaum einer unsrer heutigen Vulkane als solcher selbst mit den schärfsten Ferngläsern erkannt werden könnte. Die Auswurfsöffnungen unsrer irdischen Feuerberge sind trotz ihrer Größe viel zu klein, um in einer Entfernung gleich derjenigen des Mondes noch bei schärfster Augenbewaffnung deutlich zu werden. Wenn ich oben sagte, daß eigentliche Kraterberge, wie der Ätna oder Kotopaxi, auf dem Monde zu den größten Seltenheiten gehören, so bezieht sich dies auf die absolute Größe. Wendet man sehr mächtige Ferngläser an, so findet man, daß es auf dem Monde eine Klasse von Bildungen gibt, die man wohl mit unsern irdischen Vulkanen vergleichen kann. Es sind dies kleine Kegelberge mit winzigen Kraleröffnungen auf der Spitze; um sie zu erkennen, bedarf man mächtiger Teleskope und sehr ruhiger Luft. Sie zeigen sich dann nahe der Lichtgrenze des zu- und abnehmenden Mondes oft in sehr großer Zahl; steigt die Sonne höher, so verschwinden die Schatten dieser kleinen Berge rasch, und die Gegend gewinnt dann ein monotones Ansehen. Mädler und Schröter haben diese Kraterkegel des Mondes noch nicht gekannt. Das Anfangsbild zu diesem Abschnitt zeigt uns das Innere eines großen Mondkraters nach einer Zeichnung von Nasmyth. Wir sehen mehrere Zentralberge, alle mit Gipfelkratern; aber vergessen wir nicht, daß diese letzteren an Größe alle entsprechenden irdischen Gebilde weit übertreffen. Überhaupt könnte im Innern dieses großen Bergwalles manches deutsche Fürstentum Platz finden. Was die eigentliche Natur der Rillen und ihre Stellung zu den übrigen Naturgebilden der Mondscheibe anbelangt, so ist es schwer, hierüber zu sicheren Ergebnissen zu kommen. Ich will daher nur das mitteilen, was Mädler, der lange Zeit der beste Kenner des Mondes war, in dieser Beziehung sich vorstellte, umsomehr als die Ansichten dieses, nunmehr verstorbenen, Astronomen in den umfassendsten, aber bis jetzt nur teilweise publizierten Forschungen von Julius Schmidt mehr oder minder ihre Bestätigung fanden. Mädler drückt sich über die Rillen und ihre Beziehung zur Entwickelung der Mondoberfläche in folgender Weise aus: „Wenn Ausbruch das rechte Wort ist, wodurch im ganzen und großen das Wirken der die Oberfläche des Mondes gestaltenden Kraft bezeichnet wird, so wird es darauf ankommen, zu untersuchen, ob auch in Beziehung auf alle einzelnen Bildungsformen jene Annahme eine genügende Erklärung darbiete und wie man sich den Ausbruch modifiziert denken müsse, der eine gegebene besondere Art dieser Formen hervorgebracht hat.

Eine vom Innern eines kugelförmigen Körpers nach außen hin wirkende Kraft, ihre primitive Ursache sei welche sie wolle, wird am häufigsten nach der

Linie des kürzesten Widerstandes wirken, ja sie würde dieser Richtung ausschließlich folgen, wenn die Dichtigkeit und Kohärenz der widerstehenden Massen nach allen Richtungen hin dieselbe wäre. Wirkt sie also von innen her senkrecht auf die Oberfläche, so muß sie — die Homogenität der betreffenden Massen vorausgesetzt — im Falle des wirklichen Ausbruchs einen kreisförmigen regelmäßigen Krater, im Falle zu starken Widerstandes hingegen einen rundlichen Berg bilden, und die beiden Formen sind, wie man leicht sich überzeugen kann, auf der Mondfläche wirklich überwiegend häufig.

War indes die durchbrechende Masse nicht homogen, zeigte sich auf der kürzesten Linie, infolge dieser Ungleichheiten, der Widerstand stärker, als auf einer andern und längeren, so erfolgten Ausbrüche in andern Richtungen; die Krater wurden länglicht, die Höhe ihres Walles ungleich, die Kraft zersplitterte sich und bildete nahe liegende Öffnungen von geringeren Dimensionen u. s. w.

Was im Anfange, bei Ausbildung der Oberfläche im ganzen, stattgefunden hatte, wird sich später bei mehr und mehr lokaler Beschränkung der Kräfte und ihrer Wirkungen in ähnlicher Art wiederholt haben: jedoch nur insofern, als die äußeren Umstände noch dieselben waren. Dies letztere ist aber im allgemeinen keineswegs wahrscheinlich. Wo bereits ein Ausbruch stattgefunden hat, da sind nicht allein bedeutende Differenzen des Niveaus enstanden — und der Mond bietet uns deren bis zu 7800 m Höhe dar — sondern auch der Kohäsionszustand der Massen ist wesentlich verändert. Die gewaltsam auseinander gerissenen, zur Seite geschleuderten oder geschobenen Teile können unmöglich denselben Zusammenhang zeigen, als andre, welche ruhig an ihrer Stelle geblieben waren.

Nun aber finden wir fast keine einzige Mondgegend, in der nicht die kolossalsten Umbildungen der oben beschriebenen Art vor sich gegangen wären. Selbst die sogenannten Mare — vielleicht mit Ausnahme des kleinen Sinus Äſtuum — zeigen deutliche Spuren derselben auf, und die späteren Bildungen konnten deshalb weit weniger als die vorhergehenden sich auf einen allgemeinen Typus beschränken. Die anomalen Richtungen der Eruptionen mußten je später, desto häufiger werden, und wenn wir daher im ganzen und großen auf dem Monde fast nur Kreise erblicken, so muß in den sekundären und auf kleinere Dimensionen beschränkten Formen der Kreis, wenn auch noch immer vorherrschen, ja häufig — da keine spätere Zerstörung hinzukam — in größerer Reinheit sich zeigen, als bei den großen Urbildungen, anderseits aber häufiger in verwandte Formen übergehen, oder auch ganz heterogenen neben sich Raum gestatten.

Die Rillen scheinen nun ausschließlich der spätesten Ausbildungsepoche der Mondfläche anzugehören. Nur unter den ihnen verwandten Bildungen mag es einige geben, die einer frühern Epoche ihre Entstehung verdanken, so wahrscheinlich das große Querthal im Hochlande der Alpen und einige Durchbrüche in Gebirgen, die durch ihr geradliniges Abschneiden und ihre schroffen Wände an die Rillen erinnern. Im allgemeinen aber war gewiß der Ausbildungsprozeß sowohl der größeren Ringgebirge, als auch der Berge und Krater von mittleren Durchmessern schon beendet, als die Rillen durch rein lokale Ausbruchskräfte entstanden. Eine

genauere Beobachtung derjenigen von ihnen, welche auf ihrem Zuge Krater oder Berge treffen, wird in der Folge dienen können, diese Ansicht näher zu prüfen; indes können wir aus unsern eignen Beobachtungen wenigstens ein bestimmtes Beispiel zur Bestätigung derselben anführen. Die bereits erwähnte, von Schröter als die erste unter allen entdeckte Rille des Hyginus zieht durch 10 Krater, deren fünfter, von NO. an gerechnet, Hyginus selbst ist. Am 13. September 1832 um 5 Uhr früh zeigte die Luft einen für unsre Klimate höchst seltenen Grad von Heiterkeit und Ruhe. Das Innere des Hyginus lag ganz im Schatten mit Ausnahme zweier feinen, aber stark glänzenden Lichtlinien, deren Lage genau die Fortsetzung der außerhalb des Kraterwalles sichtbaren Rille bezeichnete. Hingegen war der Wall des Hyginus da, wo die Rille auf ihn traf, nordöstlich und westlich von einem sehr schmalen, völlig schwarzen Schatten unterbrochen. Folglich zieht die Rille durch Hyginus dergestalt hindurch, daß sie seinen Wall gesprengt hat und durch sein Inneres mit erhöhten Rändern fortgeht; ein deutlicher Beweis, daß sie später entstanden ist als dieser Krater. Bei den übrigen Kratern scheint es ihrer Kleinheit wegen unmöglich, ein Phänomen dieser Art zu beobachten; doch an andern Punkten der Mondfläche finden sich ähnliche Verhältnisse vor, und es dürfte wohl jedenfalls von Interesse sein, diese mit starken Vergrößerungen unter günstigen Umständen zu untersuchen.

Das Ringgebirge Aristarch, rechts daneben die geschlängelte Rille des Herodot.

Sind die Rillen Erzeugnisse einer späteren Periode, so ist zugleich ihre Beschränkung auf einzelne, wenngleich auf dem ganzen Monde zerstreut liegende, Lokalitäten erklärt.

In den hier aufgeführten Landschaften kommen mehrere gewöhnlich nahe parallele Rillen vor; in der Umgegend des Triesnecker treffen sie auch aufeinander und durchkreuzen sich mehrfach. Die übrigen liegen zerstreut in sehr verschiedenen Gegenden des Mondes; doch befinden sich auch unter letzteren einige recht große und deutliche, z. B. die stark gekrümmte bei Herodot.

Mehrere dieser Gegenden sind ganz oder größtenteils eben, keine darunter eigentliches Hochgebirge. Doch kommen sie fast nie in der freien Mitte der großen grauen Ebenen vor, sondern, wie namentlich im Mare Humorum, am Rande und in den meerbusenartigen Teilen, so daß die meisten mit Gebirgen mittlerer Höhe mehr oder weniger in Berührung kommen.

Und so hat man sich die Rillen vorzustellen als die Wirkungen elastischer Kräfte, die aber, statt normal auf die Oberfläche in einer der Gravitation entgegengesetzten Richtung durchzubrechen, vielmehr durch besondere Lokalumstände gezwungen, sich parallel unter der Oberfläche fortzogen und den Boden der Länge

nach spalteten, wenn sie dies anders vermochten. Denn in den meisten Fällen scheint die Wirkung sich darauf beschränkt zu haben, den Boden bloß etwas emporzutreiben und eine sogenannte Bergader zu bilden. Dieses ist wenigstens eine viel häufiger auf dem Monde vorkommende Form, in welcher übrigens, wie in den Rillen, die geradlinige Richtung und nächst dem die sanfteren Krümmungen vorherrschen, und von denen einige unter gewissen Erleuchtungswinkeln den Rillen täuschend ähnlich sind.

Wenn wir im Vorstehenden die Bildungsepoche, welcher die Rillen angehören, als die selenogenetisch jüngste bezeichnet haben, so könnte die Frage entstehen, ob diese Bildungen vielleicht noch jetzt vor sich gingen und man sie also gleichsam unter den Augen neu entstehen sähe? Wir wagen hierüber zwar keine absolute Entscheidung, gestehen jedoch, daß die Wahrscheinlichkeit einer solchen Hypothese sehr gering ist.

Noch könnte es vielleicht angemessen sein, einer Ansicht zu gedenken, welche diese Rillen mit den Flüssen unsres Erdkörpers vergleicht und sie entweder geradezu für solche erklärt, oder doch die ausgetrockneten Betten vorzeitlicher Mondströme in ihnen erblickt. Die erstere Meinung dürfte sich leicht als unhaltbar nachweisen lassen: alle Wahrnehmungen vereinigen sich dahin, entweder einen absoluten Mangel der Atmosphäre und folglich auch des mit ihr in Wechselwirkung stehenden Wassers, oder doch eine so überaus geringe Dichtigkeit der erstern anzunehmen, daß das letztere in der Art, wie es auf der Erde in Flüssen, Seebecken, Meeren sich vorfindet, ebenfalls geleugnet werden muß. Indes könnte ehemals ein Strom in jenen jetzt leeren Rinnsalen geflossen sein, da ja auch unsre Erde einst mit Wasser bedeckt war und jetzt zu 0,28 ihrer Oberfläche aus festem Lande besteht, ja ein noch jetzt fortdauerndes Abnehmen des Wasserreichtums der Flüsse, ein — ob relatives oder absolutes? — Zurückziehen des Meeres von den Küsten Skandinaviens und ähnliche Erscheinungen kaum in Abrede zu stellen sind. Auf Betrachtungen dieser Art kann man a priori nichts entgegnen; indes wird ein näheres Eingehen auf die Beschaffenheit dieser Rillen über die Wahrscheinlichkeit einer solchen Annahme entscheiden können.

Denken wir uns einen Augenblick die Erde als ausgetrocknet und den Grund der Ozeane wie der Seen und Ströme bloßgelegt, und einen Beobachter auf dem Monde, der mit optischen Hilfsmitteln, wie sie uns zu Gebote stehen, die Erde betrachtet. Der Anblick würde von dem, welchen uns der Mond darbietet, überaus verschieden sein, sowohl was die Form der Gebirge, als was die Stromsysteme beträfe. Die letzteren würden allerdings nur in ihren breiteren Teilen sichtbar sein, ja von den meisten teils nur die Mündungen, teils gar nichts, da weder die Breite noch die Tiefe beträchtlich genug sein dürfte, sie ihrer ganzen Erstreckung und ihren Verzweigungen nach darzustellen. Sie würden an dem einen Ende verhältnismäßig breit und deutlich sichtbar sein und nach dem andern hin, allmählich schmäler werdend, sich verlieren; man würde, mit wenigen Ausnahmen, die Mündungsseite bestimmt von der entgegengesetzten unterscheiden können; zugleich würden beide Seiten sich durch verschiedene Form und in der Regel auch durch verschiedene Helligkeit unterscheiden.

Wie gänzlich verschieden ist nun aber der Anblick einer Mondrille, und wie wenig entsprechen die Lokalitäten, in denen sie vorkommen, einer solchen der Erde entnommenen Darstellung! Mit Ausnahme einer einzigen und in jedem Betracht isoliert stehenden (der Rille bei Herodot, in der man allerdings das Entspringen in einer Gebirgsschlucht, die mäandrischen Windungen, das allmähliche Breiterwerden und die Ausmündung in eine rundliche Tiefe wahrnimmt, und so an die in Seen sich ergießenden Ströme Mittelasiens lebhaft erinnert wird) nähert sich keine der übrigen den obigen Verhältnissen. Viele von ihnen ziehen im Berglande hin, ohne die Ebenen zu erreichen, andre beginnen und enden in der Fläche, oder ziehen von einem Berge zum andern durch ebenes Tiefland hin. Sie haben fast alle entweder durchweg gleiche Breite, oder sind in der Mitte breiter als an beiden Enden. Höchst selten ist der Fall, daß sich mehrere vereinigen. Viele sind schnurgerade, und die Tiefe ist bei allen äußerst beträchtlich, da man den ins Innere fallenden Schatten von der Erde aus bemerkt. In den meisten Fällen wird die Tiefe durch hunderte von Metern ausgedrückt werden müssen. Die Unwahrscheinlichkeit, daß ein fließendes Wasser so ungeheuer tiefe Kanäle ausgespült habe, wird noch weit größer, wenn man die 6 mal geringere Schwere auf der Mondoberfläche in Betracht zieht. Wäre also auch in irgend einer Vorzeit Wasser in diesen Rinnsalen gewesen, so müßte wenigstens zugegeben werden, daß sie dem Wasserlaufe nicht ihre Entstehung verdanken können.

Mehrere Rillen des Mondes sind nur etwa 10—12 mal so lang als breit, während wir bei den Strömen unsrer Erde die Breite nach Metern, die Länge nach Kilometern messen. Eine beträchtlich breite aber kaum 37,5 km lange zieht von den Zentralgebirgen des Petavius über das beulenförmig erhobene Innere hinweg bis zum Fuße des Wallgebirges, eben so plötzlich endend, als sie anfing. Einige sind durch Berge mehrmals unterbrochen, setzen aber jenseit derselben in ganz gleicher Art wie diesseits fort: so die große Rille des Ariadäus. Noch andre bilden eine einzige höchst regelmäßige Bogenschwingung, obgleich das Terrain, durch welches sie hinziehen, ein stark wellenförmiges und von Hügeln und Bergrücken in den mannigfaltigsten Richtungen durchschnittenes ist. Wie wären endlich die durch Krater ziehenden Rillen, zumal wenn die Art des Hindurchziehens die oben bei der Rille des Hyginus beschriebene ist, durch einen Wasserlauf zu erklären?

Fänden auf dem Monde ähnliche atmosphärische Verhältnisse und überhaupt eine der unsrigen verwandte Naturökonomie statt, so könnten bei seiner großen Nähe deutliche und unverkennbare Spuren derselben uns gewiß nicht entgehen. Warum will man gerade nur die Form eines Naturlebens als einzig mögliche gelten lassen, die wir auf unserm Planeten ausgeführt erblicken? Zeigen sich doch schon bei uns in den verschiedenen Klimaten, wie in der Lebensweise der Geschöpfe, die außerordentlichsten Unterschiede, obgleich die elementaren Bestandteile überall dieselben sind, obgleich das Gravitations- wie das Dichtigkeitsverhältnis bis auf unerhebliche Differenzen über die ganze Erde hin sich gleich bleiben und bleiben werden: warum sollte nicht für einen Weltkörper, bei dem so höchst wesentliche

Grundbedingungen sich anders gestalten, auch das Leben und Walten der Natur in ganz andern Formen als bei uns sich aussprechen können?

Ist die eben versuchte Erklärung des Entstehens der Rillen durch Zerspaltung der Oberfläche von innen heraus nicht die der Natur entsprechende, so wird eine fortgesetzte aufmerksame Beobachtung uns im Laufe der Zeit eine andre und bessere finden lassen. Dann wird sich auch zeigen, ob das, was wir jetzt unter diesem Gesamtnamen begreifen, wirklich in eine und dieselbe Kategorie gesetzt werden könne oder nicht. Schon im Vorstehenden ist angedeutet worden, daß nicht allein sehr bedeutende Differenzen der räumlichen Ausdehnung, sondern auch Übergangsformen sich finden, so daß sie einerseits mit den Kraterreihen, andererseits mit den flacheren Längenthälern sich verwandt zeigen. Wenn einst sie selbst und ihre Umgebung mit größerem Detail dargestellt und sie einzeln genommen in allen Beleuchtungsverhältnissen regelmäßig beobachtet sein werden; wenn es ferner gelingen sollte, über den ursprünglichen Zustand und die Bildungsgeschichte der Weltkörper im allgemeinen zu bestimmteren Resultaten zu gelangen, dann werden wir auch im stande sein, den innern und notwendigen Zusammenhang dieser jetzt so isoliert dastehenden fremdartigen Gebilde mit den übrigen des Mondkörpers genetisch nachzuweisen."

Neben den bis jetzt beschriebenen Formationen gibt es auch eine Art von Massen- und Kettengebirgen auf dem Monde; aber nicht genug, daß sie nur selten größere Räume umfassen, so darf man sich auch durch die Namen, die man ihnen beigelegt hat, keineswegs verleiten lassen, sie mit den Alpen, Karpathen, Pyrenäen, dem Kaukasus oder gar mit den Cordilleren und dem Himalaya der Erde zu vergleichen. Es fehlt ihnen vieles, was wir als wesentlich für den Charakter eines Alpengebirges zu betrachten gewohnt sind und was bei uns die Großartigkeit wie Anmut der Alpennatur bedingt. Es fehlen ihnen die langgestreckten Grate und Kämme, welche in unsern Alpen die hohen Berggipfel tragen; es fehlen ihnen die Längsthäler, die bei uns gegenwärtig den Lauf der großen Ströme bedingen, und die sich teils gleichzeitig mit der Entstehung des Gebirges bildeten, teils im Laufe der Zeit durch die Gewässer so tief und steil eingeschnitten wurden. Zwar gibt es Gebirge auf dem Monde, die, wie der Apennin, 91 400 qkm bedecken und sich zu einer Höhe von 5400 m, ja, wie das südliche Randgebirge Leibniz, bis 8200 m Höhe erheben; aber selbst diese gewaltigen Gebirge erscheinen nur als eine regellose Gruppierung größerer und kleinerer, durch Thalschluchten getrennter und vereinzelter Bergmassen, hier und da von mittelgroßen Ringgebirgen und Kratern durchbrochen. Wir können freilich auch Gebirgswände auf dem Monde finden, die sich viele Meilen weit hinziehen, ja wir werden sogar ihren Fuß bisweilen von niedrigen Hügelterrassen umlagert sehen, die uns an jene mächtigen Trümmerhalden erinnern werden, welche unsre irdischen Alpenzüge zu begleiten pflegen, und die von den aufgerichteten und zerbrochenen Schichten herrühren, die beim Emporsteigen der Gebirgsmassen zurückgedrängt wurden und an ihren Fuß niederrollten. Aber nirgends zeigen diese Bergzüge den Charakter einer dachförmig nach beiden Seiten abfallenden Mauer, wie die Grate unsrer Alpenzüge

sind. Vereinzelung ist der ausgesprochene Charakter auch in Massengebirgen des Mondes. Es liegt darin eine gewisse Ursprünglichkeit; es ist, als ob wir auf dem Monde häufig noch die Urformen der Gebirge sähen, die auf der Erde bereits durch eine vieltausendjährige Geschichte entstellt und verhüllt wurden.

Der Charakter der Isoliertheit erhält auf dem Monde noch einen besondern Ausdruck durch die einzelnen hellglänzenden Berge, die sich zahlreich, oft in kleine Gruppen vereinigt, aus seinen Ebenen erheben. Sie steigen stets ohne merkliche Verbindung mit andern Erhebungen hell aus dem dunkeln Grau der Ebenen auf, und nur wenige erreichen eine Höhe von 1600—1900 m. Aber diese Höhe genügt bei der geringen Breite ihres Fußes, ihren Schatten eine außerordentlich lange und spitze Form zu verleihen, und man hat darum sehr viele von ihnen mit dem Namen von Piks bezeichnet. Aus diesen Schatten und diesen Namen darf man aber dennoch nicht auf ihre sehr imposanten Gestalten schließen. Keiner von ihnen erinnert in seinem wirklichen Profil an unsre steilen Alpengipfel, keiner selbst, wie einer der kenntnisvollsten Mondforscher, Julius Schmidt, bemerkt, an die stumpfe Pyramide des Niesen am Thunersee. Dagegen bieten diese isolierten Bergmassive dem Beobachter am Fernrohre einen überaus reizenden Anblick dar, wenn sie bei steigender Sonne allmählich aus der Mondnacht auftauchen und das blendende Licht ihrer Gipfel von bläulichem Glanze umstrahlt aus dem tiefen Dunkel hervorblitzt. Besonders hübsch zeigt sich dies bei dem Berge Piko, der sich mehr als 1000 m hoch über seine ziemlich flache Umgebung erhebt, sowie bei dem westlich davon liegenden Berge Kirch A, den Hevelius Mons Christi nannte.

Von eigentümlichem Interesse erscheinen auf dem Monde gewisse niedrige Bergadern, die oft 100—500 km lang bei einer Höhe von 150—200, selten von mehr als 300 m in vielfachen Krümmungen und Verzweigungen die grauen Ebenen durchziehen und bisweilen ganz erfüllen, bald in Kratern endend, bald sich unmerklich in der Ebene verlierend. Oft erscheinen sie nur als schwache Faltungen am Rande beulenförmiger Auftreibungen, bisweilen als strahlenförmige Ausläufer eines Kraters. Dann treten sie wieder als langgestreckte, stufenförmige Absätze oder als gerade steile Mauern mitten in den Maren auf, und ihr Rücken ist mit kleinen, wenige Meter hohen Erhebungen besetzt. Daß sie oder ihre Schatten uns überhaupt bei ihrer geringen Erhebung noch sichtbar werden, liegt nur an der Länge ihrer Erstreckung und ihrer Breite, da ein Fernrohr uns Gegenstände von so geringen Höhen durchaus nicht wahrnehmen läßt, in dem Falle, daß ihre Breite nicht zu gleicher Zeit eine sehr bedeutende ist.

Wollen wir uns aus dem, was ich jetzt von den Oberflächenformen des Mondes gezeigt und erzählt habe, ein Gesamtbild zusammensetzen, so wird es etwa der Vorstellung entsprechen, die wir uns von der Oberfläche unsrer Erde in ihrem ältesten Urzustande machen müssen. Denn gegenwärtig gibt es nur sehr wenig irdische Regionen — und zwar ausschließlich nur vulkanische — welche mit einer Mondlandschaft einige Ähnlichkeit hätten. Eine solche ist z. B. die Umgebung des Pik von Teneriffa, von der ich dem Leser (S. 187) eine Ansicht aus der Vogelperspektive, nach Piazzi Smyth, vorführen will. Wenn wir aber nur in den

jüngsten Gebilden unsrer Erde, den vulkanischen, eine Anknüpfung für die Gebirgsformen des Mondes finden konnten, so dürfen wir nicht vergessen, daß der Zeitraum, den wir in der vulkanischen Geschichte der Erde zurückgehen können, nichts ist im Vergleich zu ihrem wirklichen Alter, nichts im Vergleich zu dem Zeitraum, der sich beim Monde zurückverfolgen läßt, weil der Ozean hier fehlt mit all den tausend Veränderungen des bewegten, rinnenden Wassers. Diese Veränderungen, die wir auf der Erde noch heute vor sich gehen sehen, sind so unermeßliche Zeiträume hindurch wirksam gewesen, daß die Geologen noch keinen Teil der Erde gefunden haben, selbst die Riesenkette der Anden nicht ausgeschlossen, der nicht voreinst unter der Meeresflut begraben gewesen wäre, und zwar so lange und so tief, daß sich auf ihm Sedimentgesteine von tausenden von Metern Mächtigkeit ablagern konnten. Vergessen wir also nicht, daß auch die ältesten Krater auf der Erde, nach den an ihren unteren Abhängen gefundenen Muscheln zu schließen, kaum einer älteren Periode als der sogenannten „postpliocenen" angehören, daß die großartigen vulkanischen Ringe der älteren, der sogenannten „sekundären" und „primären" Zeiten, die mit den Wallebenen des Mondes vielleicht zu vergleichen wären, durch die Bildungen des Wassers für immer dem Blicke des Menschen entzogen sind. Wollen wir uns aber eine Vorstellung von den gewaltigen Verhältnissen machen, die zu jener Zeit herrschten, als die Kruste der Erde noch dünn und ihr ganzes Innere von einer glühenden Flüssigkeit erfüllt war, als ihre flüchtigeren Substanzen in Ozeane von Dämpfen aufgingen, die mit furchtbarer Heftigkeit gegen die schwache Rinde reagierten: so betrachten wir die Oberfläche des Mondes. Hieran können wir ermessen, welche Wehen die Erde erduldet, und welche Größe ihre vulkanischen Öffnungen in der ersten Zeit ihrer Feuerprobe gehabt haben müssen.

Es dürfte hier wohl der Ort sein, dem Leser eine kurze Übersicht der Versuche zur Ausführung von Karten der Mondoberfläche zu geben. Es ist klar, daß hieran erst gedacht werden konnte, als das Fernrohr ein genaues Sehen gestattete, denn dem bloßen Auge erscheint die Mondoberfläche so wenig deutlich, daß die Völker des Altertums und selbst viele rohe Stämme der Gegenwart die Mondflecke in der abenteuerlichsten Weise erklären. Besonders der Hase wird mit dem Monde in Verbindung gebracht. Die Indier glauben, die Flecke rührten von diesem Tiere her, die Urbewohner Ceylons lassen den Hasen von Buddha in den Mond versetzt werden, die Mongolen stellten sich etwas Ähnliches vor, und die Nama-Hottentotten in Südafrika behaupten sogar, ein Hase habe das Gesicht des Mondes zerkratzt. Der griechische Philosoph Anaxagoras erklärte zuerst den Mond für eine Welt wie unsre Erde, mit Thälern und Bergen, aber erst mehr als 2000 Jahre später, im Mai 1609, erblickte Galilei durch sein Fernrohr den ersten Mondberg. Schon damals faßte dieser berühmte Forscher den Plan zu einer Mondkarte, aber das, was er zustande brachte, war nur eine sehr rohe Abbildung. Weit vorzüglicher war die Mondkarte, die Hevel zeichnete und die im Jahre 1647 erschien. Noch genauer war die Mondarbeit von Dominikus Cassini, indem bei derselben die Lage einiger Flecken durch wirkliche Messungen bestimmt wurden. Alle diese

Arbeiten wurden indes weit in den Schatten gestellt durch die Mondkarte, welche Tobias Mayer in Göttingen entwarf und welche ausschließlich auf genauen mikrometrischen Messungen beruhte. Sie erschien im Jahre 1775 und blieb länger als ein halbes Jahrhundert die einzige Generalkarte des Mondes, welche wirkliche Brauchbarkeit besaß. Die Beobachtungen der Mondoberfläche, welche Wilhelm Herschel und Hieronymus Schröter mittels ihrer großen Teleskope angestellt, haben für eine genauere Darstellung der Oberflächenverhältnisse unsres Trabanten wenig Bedeutendes ergeben. Es war vielmehr dem Oberinspektor des mathematischen Salons in Dresden, Wilhelm Gotthelf Lohrmann, vorbehalten, die erste größere und auf wissenschaftlichen Prinzipien beruhende Mondkarte nach eignen Beobachtungen zu entwerfen. Im Jahre 1824 gab Lohrmann die erste Abteilung seines Werkes „Topographie der sichtbaren Oberfläche des Mondes" mit vier Sektionen heraus. Der treffliche Beobachter starb 1840, ohne die geplante Herausgabe sämtlicher Sektionen zu erleben. Doch war es ihm vergönnt, seine Arbeiten in einer kleinen Mondkarte, die nach jeder Richtung hin als ein Musterwerk bezeichnet werden muß, zu publizieren. Diese kleine Mondkarte enthält alles, was Lohrmann überhaupt auf dem Monde gemessen und verzeichnet hat, und seine große, vor einigen Jahren von J. Schmidt herausgegebene Karte stellt nur eine Erweiterung jener Karte dar, ohne mehr Details zu enthalten. Wenige Jahre nach Lohrmann und unabhängig von diesem unternahmen J. H. Mädler und W. Beer in Berlin die Herstellung einer großen Mondkarte von fast 1 m Durchmesser und eine genaue Beschreibung der Mondoberfläche. Diese Arbeit war im August 1836 vollendet und ist in jeder Beziehung mustergültig zu nennen, wie besonders aus der Vergleichung der Karte mit der photographischen Aufnahme des Mondes hervorgeht.

Der Pik von Teneriffa und seine Umgebung, nach Piazzi Smyth.

Im Jahre 1839 endlich begann Julius Schmidt seine Beobachtungen der Mondoberfläche. Die ersten Jahre galten der Vorbereitung und Übung, dann

begannen die Detailaufnahmen, welche im ganzen etwa 2000 Originalzeichnungen zu einer Karte von ca. 2 m Durchmesser lieferten. Diese Karte, welche in heliotypierten Abdrücken erschienen ist, besteht aus 25 Tafeln mit kurzem Texte. Auf der Karte selbst erscheinen nur Ziffern und Buchstaben, außerdem keinerlei Schrift so daß man die Nomenklatur bloß im Texte findet. Um von der Reichhaltigkeit dieser Karte einen Begriff zu erhalten, genügt die Bemerkung, daß das Detail etwa sechs- bis siebenmal reicher als bei Lohrmann und Mädler ist und daß, während diese etwa 5000 Ring- und Kraterformen verzeichnen, die Schmidtsche Karte deren 35000 enthält. Die Zahl der Adern, Hügel und Berge ist unbekannt. Wer selbst den Mond jahrelang beobachtet hat und mit den Schwierigkeiten, welche die genaue Kartierung seiner Oberfläche darbietet, vertraut ist, kann nur seine höchste Bewunderung dem Riesenwerke zollen, welches J. Schmidt über die Mondoberfläche geliefert hat. Keine andre astronomische Arbeit eines Einzelnen ist, was Mühe und Schwierigkeit anbelangt, mit der Herstellung dieser Karte zu vergleichen, auch wird es eben deshalb nicht gelingen, eine noch wesentlich tiefer ins Detail eingehende Generalkarte der ganzen Mondoberfläche jemals herzustellen; die Aufgabe der Zukunft ist es vielmehr, mit Hilfe der mächtigsten Teleskope kleine Landschaften des Mondes so genau darzustellen, als dies von der Erde aus überhaupt möglich ist.

Wir werden fragen: „Kommen auf dem Monde auch gegenwärtig noch Veränderungen seiner Oberfläche vor?“ Um eine Veränderung als solche konstatieren zu können, muß man offenbar den gegenwärtigen Zustand mit demjenigen einer frühern Zeit vergleichen können. Bezüglich einer Mondgegend kann man also nur dann Veränderungen erkennen, wenn man weiß, wie dieselbe Gegend früher ausgesehen hat. Alles kommt also darauf an, daß man aus möglichst früher Zeit genaue Karten des Mondes besitzt. Leider sind wir gegenwärtig in dieser Beziehung sehr übel daran. Die Anfertigung einer zuverlässigen Mondkarte ist, wie wir aus dem Vorstehenden wissen, eine außerordentlich mühevolle und langwierige Arbeit.

Die Mondkarte, welche Beer und Mädler herstellten, hat 1 m Durchmesser und ist demnach im Verhältnis von $\frac{1}{3500000}$ der wahren Länge entworfen. Eine geographische Karte in diesem Längenverhältnisse gilt aber bekanntlich keineswegs als Spezialkarte. Hätten die beiden Berliner Astronomen mehr ins Detail eingehen wollen, so würde ihre Arbeit einen unvergleichlich größeren Zeitraum in Anspruch genommen haben. Mädler sagt selbst, daß, um bei 800—1000facher Vergrößerung die Apenninenkette des Mondes aufzunehmen, man drei bis vier Jahre nötig haben würde, und Schmidt hat ungefähr ein ganzes Menschenleben hindurch an seiner großen Mondkarte gearbeitet. In der Vorrede zu seinem Werke bemerkt er, er habe sich im Juli 1874 entschieden, das Werk abzuschließen, weil, auch bei gleichbleibenden äußeren und günstigen Bedingungen sich auf unzweifelhafte Weise herausstellte, daß eine erschöpfende Darstellung aller Details, welche ein Refraktor von 2 m Brennweite erkennen läßt, eine längere Lebensdauer und eine viel größere Arbeitskraft erfordere, als dem Menschen verliehen

ist. Diesem wird jeder beistimmen, welcher das Studium der Mondoberfläche selbst betrieben hat; bei dem unermeßlichen Detail, welches sich dem forschenden Auge darbietet, ist es nicht möglich, alles aufzuzeichnen, und auch der unermüdlichste Beobachter erlahmt zuletzt.

Rutherfurd und Warren de la Rue haben in neuester Zeit mit Glück versucht, die Photographie zur Darstellung der Mondoberfläche zu verwenden. Die Fernrohre, deren sie sich bei diesen Versuchen bedienen, habe ich dem Leser bereits früher vorgeführt. Auf S. 190 sehen wir eine getreue, verkleinerte Reproduktion des Mondes im ersten Viertel, nach einer Photographie von Warren de la Rue. Wenn man das Original mit Hilfe einer Lupe betrachtet, so erkennt man eine Menge Details, und der Vergleich dieser Photographie mit der Mädlerschen Mondkarte zeigt die außerordentliche Genauigkeit der letztern. Die Photographie liefert so in einer Sekunde ein Bild des Mondes; doch darf ich hier nicht verschweigen, daß die Photographie des Mondes noch sehr bedeutende Fortschritte machen muß, ehe sie die mit kräftigen Fernrohren sichtbaren Minima von Kratern und Bergen so deutlich wiedergibt, daß man mit ihrer Hilfe Veränderungen an diesen sicher konstatieren kann. In dieser Hinsicht stehen nach meiner Prüfung selbst die großen und prachtvollen Mondphotographieen von Rutherfurd z. B. sehr gegen die Mondkarte Mädlers zurück.

J. F. Julius Schmidt, geb. 1825 zu Eutin; Direktor der Sternwarte zu Athen.

Wenn es sich um feine Details handelt, so haben auch unsre heutigen Mondkarten zur Konstatierung etwaiger Veränderungen, die auf dem Monde eingetreten sind, nur geringes Gewicht, es sei denn, daß es sich gerade um gut sichtbare, nicht sehr von Gebirgserhebungen erfüllte Lokalitäten handelt. Eine Veränderung, die auf der südlichen Mondhälfte von uns nicht zu konstatieren wäre, kann in andern Gegenden, z. B. im Mare serenitatis, sich mit unzweifelhafter Deutlichkeit offenbaren, selbst wenn sie an und für sich geringer sein sollte. In der That ist es Schmidt in Athen gelungen, im Oktober 1866 zu konstatieren, daß der Mondkrater Linné im Mare serenitatis seine frühere Gestalt wesentlich verändert hat. Dieser Krater findet sich zuerst als solcher verzeichnet in der übrigens sehr rohen und unvollkommenen Mondkarte, welche Riccioli 1651 seinem Buche „Neuer Almagest“ beigab; dagegen fehlt er in Doppelmayers 1742 erschienenem Atlas novus coelestis, was jedoch keine wesentliche Bedeutung hat und nur in historischem Interesse erwähnt werden möge.

Zur Zeit der Arbeiten Lohrmanns und Mädlers (1822 bis 1832) war Linné ein über 10 000 m breiter und tiefer Krater, als solcher deutlich sichtbar, wenn er in der Nähe der Lichtgrenze lag und die Wände des Walles ihre schwarzen Schatten ins Innere warfen. Seit dem 16. Oktober 1866 konnte Schmidt diese Kratergestalt zur Zeit schräger Beleuchtung nicht mehr wahrnehmen.

Der Mond im ersten Viertel, nach einer Photographie von Warren de la Rue.

Es war, als wenn der Krater durch Eruptionsprodukte ausgefüllt worden sei und diese über den Rand ausgeflossen wären und den äußern Abhang mit allmählicher Neigung ausgefüllt hätten. Dann hört natürlich aller Schattenwurf nach innen und außen auf und der Berg erscheint als heller Lichtfleck, wie man deren viele in den verschiedensten Regionen des Mondes findet. Im Jahre 1867 zeigte sich Linné wieder in der Nähe der Lichtgrenze als heller, Schatten werfender Hügel von etwa 1000 m Durchmesser und 150 bis 200 m Höhe. Ein Krater von etwa 600 m Durchmesser war unter günstigen Umständen sichtbar. Seitdem scheinen die Veränderungen am Linné einen vorläufigen Abschluß damit gefunden

zu haben, daß der Berg wieder einen etwa 600 m im Durchmesser haltenden Krater zeigt. Die beim Krater Linné stattgehabte Veränderung ist übrigens nicht die einzige, welche man hat konstatieren können. Nordwestlich von dem Krater Hyginus in einer welligen, sonst flachen Ebene, welche nur einige kleine Krater mit ziemlich steilen Wällen enthält, zeigt sich gegenwärtig ein wallloser, kreisrunder, tiefer Kraterschlund, den keiner der früheren Mondbeobachter, weder Schröter, noch Gruithuisen, Lohrmann, Mädler, Schmidt oder Neison, vor dem Jahre 1877 jemals gesehen haben. Auch mir war der Krater unbekannt, obgleich ich diese Mondgegend häufig beobachtet hatte; erst am 19. Mai 1877 stellte er sich als schattenerfüllter, kreisrunder Schlund dar, der an Augenfälligkeit alle benachbarten kleinen Krater weit übertraf. Das neue Objekt hat die Bezeichnung Hyginus N erhalten. Gegen Süden hin erstreckt sich von demselben eine seichte Vertiefung, die einen zweiten, aber sehr kleinen Krater trägt. Dieser letztere ist seit 1881 entschieden viel deutlicher geworden, oder vielmehr es zeigt sich an seinem Orte ein runder, dunkler Fleck, der 1877 in dieser Größe noch nicht vorhanden war. Es hat offenbar hier eine großartige Neubildung auf dem Monde stattgefunden, doch sind weder Dampf noch Lichterscheinungen dabei wahrgenommen worden. Man sieht diese Gegend des Mondes am besten bei zunehmendem Monde kurz vor dem ersten Viertel, und sie bleibt gut sichtbar, bis die Lichtgrenze über das Ringgebirge Triesnecker fortgeschritten ist. Östlich von N erstreckt sich ein großes Thal, das von einem schneckenförmig gewundenen Berge südwärts ausläuft, in der Richtung zu dem Krater Hyginus hin abflacht und verschwindet. Auch dieses Thal findet sich bei keinem frühern Mondbeobachter, und dieselben Gründe, welche für eine Neubildung von N sprechen, finden sich auch dafür, daß jenes Thal in der jüngsten Zeit eine bedeutende Umgestaltung erlitten hat. Seite 192 geben wir eine Zeichnung der betreffenden Gegend, wie sich dieselbe am 24. Mai 1882 abends darstellte. H ist der Krater Hyginus, der von der gleichnamigen Rille durchzogen wird, N der neue Krater und sein südlicher Nebenkrater, T das erwähnte Thal. Die Figur ist so orientiert, wie die Landschaft im astronomischen (umkehrenden) Fernrohr erscheint, nämlich oben Süd, unten Nord, rechts Ost und links West.

So mehren sich also mit der genauern Kenntnis der Mondoberfläche die Fälle, in denen sich auch noch heute vor sich gehende Veränderungen derselben offenbaren; der Mond ist keineswegs eine absolut tote Einöde, wenngleich seine heutige Entwickelungsphase im Vergleich zu den Zuständen auf unsrer Erde als ein Zustand der Starre mit Recht bezeichnet werden darf.

Es ist nichts naheliegender, als daß bei dem Leser die Frage auftaucht: Ist der Mond bewohnt? Ich werde diese Frage zu beantworten versuchen.

Ehe ich dazu schreite, muß ich indes eine kurze, aber unterhaltende Geschichte erzählen. Als sich der berühmte Astronom John Herschel am Vorgebirge der guten Hoffnung aufhielt, um mit seinen Teleskopen die Wunder des südlichen Himmels zu durchforschen, erschien plötzlich eine kleine Schrift, welche selbst in gebildeten Kreisen außerordentliches Aufsehen erregte. Sie berichtete nämlich im Namen Herschels über die glänzenden Entdeckungen, welche derselbe auf dem Monde

gemacht habe, und ließ ihn daselbst allerlei merkwürdige Geschöpfe, z. B. Schafe von sonderbarem Wuchs und Bau, Menschen mit Fledermausflügeln, Städte und Chausseen wahrnehmen. Es zeigte sich indes bald, daß diese Schrift nichts als ein Spaß war, den sich ein Amerikaner mit der Leichtgläubigkeit seiner Zeitgenossen erlaubt hatte. Sollen wir eine Lehre aus dieser Geschichte ziehen, so ist es die, daß es zu allen Zeiten Leute gegeben hat und geben wird, welche der Wissenschaft um ihrer bereits erzielten Erfolge willen auch das Unmögliche zutrauen, welche z. B. darum, weil es den Astronomen mit Hilfe ihrer künstlichen Sehwerkzeuge gelungen ist, Mondberge zu entdecken, keinen Augenblick zweifeln, daß es ihnen auch gelingen werde, mit noch besseren Werkzeugen einst Mondmenschen zu sehen und mit ihnen in Korrespondenz zu treten. Ich brauche wohl gar nicht erst zu sagen, daß auch Astronomen, wenn sie gegen die Phantasie nicht stets gerüstet bleiben, in solche Abenteuerlichkeiten verfallen können. Schröter und Gruithuisen wollen in der That Bauwerke der Mondbewohner gesehen haben; letzterer erzählt von einem Kunstwerke des Mondes, das in der Nähe des Äquators, also in offenbar fruchtbarer Gegend gelegen, in einem Durchmesser von 37,5 km genau nach den Weltgegenden gerichtete festungsartige Wälle zeige, und Schwabe in Dessau hat sogar noch Außenwerke dazu entdeckt. Wollen wir uns also vor solchen Übertreibungen hüten, so müssen wir zuvor genau die Grenzen prüfen, innerhalb deren die Wissenschaft wirklich Aufschlüsse zu geben vermag, d. h. die Grenzen, zu welchen das Sehen auch der Wissenschaft reicht, zu welchen das Auge überhaupt sich dem nachbarlichen Monde zu nähern vermag.

Die Umgebung von Hyginus N. am 24. Mai 1882.

Die Umgebung von Hyginus N. am 25. Mai 1882.

Der Astronom, wenn er durch sein Fernrohr zum Monde aufschaut, unternimmt eine Reise, d. h. er nähert sich dem Monde. Wenn wir von einer tausendmaligen Vergrößerung sprechen, so könnte man dies auch so auffassen, als daß

wir einen 1000 m entfernten Gegenstand durch das Fernrohr mindestens ebenso deutlich sehen, als wir ihn mit bloßem Auge in der Entfernung von 4 m sehen würden. Nun beträgt die Entfernung des Mondes von uns im Mittel 50000 Meilen; sein wirklicher Durchmesser beläuft sich auf 468 geogr. Meilen, und dieser erscheint uns nach mikrometrischen Messungen von der Erde aus unter einem Winkel von 31 Minuten. Nehmen wir nun an, daß die äußerste Grenze der Sichtbarkeit für einen runden oder viereckigen Körper ein Gesichtswinkel von 1 Min. sei, so wird eine solche auf dem Monde etwa 15 geogr. Meilen entsprechen. Eine 60fache Vergrößerung wird uns aber schon Gegenstände unter Gesichtswinkeln von 1 Sekunde, also von einem wirklichen Durchmesser von 2000 m erkennen lassen. Aber eine 6000fache Vergrößerung würde erforderlich sein, um runde Gegenstände von 20 m Durchmesser wahrnehmen zu lassen. Nur ein langgestreckter Gegenstand würde schon unter günstigeren Bedingungen sichtbar werden; es würde dazu genügen, daß seine Breite uns nur unter einem Winkel von 6 Sekunden erschiene.

Diese Voraussetzungen sind übrigens nicht ganz zutreffend schon aus dem Grunde, weil das teleskopische Sehen unter sonst gleichen Umständen dem natürlichen überlegen ist. Dann ist auch die Voraussetzung, ein Gegenstand werde um so viel mal dem Auge scheinbar genähert, als das Fernrohr vergrößert, keineswegs ganz richtig, schon weil sie die Größe des Objektivglases oder des Teleskopspiegels nicht berücksichtigt. Von zwei gleichstark vergrößernden Fernrohren zeigt dasjenige mit dem größten Objektivglase die Gegenstände am deutlichsten, und der Beobachter wird keinen Augenblick schwankend sein, zu erklären, daß das größere Glas das beobachtete Objekt scheinbar näher bringe. Die Wirkungsweise der Fernrohre muß im vorliegenden Falle vielmehr dahin definiert werden, daß das Instrument bei Anwendung der höchsten noch völlige Schärfe gewährenden Vergrößerung den Mond so darstellt, wie dieser dem bloßen Auge erscheinen würde in einer Entfernung, die so vielmal kleiner ist, als die Objektivoberfläche des Fernrohres die Oberfläche der Pupille im Auge des Beobachters übertrifft. Man kann den Durchmesser der Pupille zu 0,2 Pariser Zoll annehmen, da sich nun die Flächen der Kreise wie die Quadrate ihrer Durchmesser verhalten, so erhält man die gesuchte Wirkungsweise eines Fernrohres, wenn man dessen Durchmesser des Objektivs in Zollen zuerst mit 5 und das Produkt mit sich selbst multipliziert. Hiernach stellt z. B. ein Refraktor von 6 Zoll Durchmesser den Mond so dar, wie er dem bloßen Auge in 900fach geringerer Entfernung erscheinen würde, also in einem Abstande von 57 deutschen Meilen. In einem Instrumente, wie der große Refraktor zu Washington, welches 24 Pariser Zoll Objektivdurchmesser besitzt, wird also unter den günstigsten Verhältnissen der Mond so erscheinen, wie er sich dem bloßen Auge darstellen würde aus einer Entfernung von 4 deutschen Meilen. Welche Größe hiernach ein Objektiv besitzen müßte, welches den Mond etwa so zeigen sollte, wie man einen Gegenstand aus einer Entfernung von einer halben Meile mit bloßem Auge sieht, ist leicht zu berechnen; man findet als Durchmesser 1,70 m. Wir wissen, wie weit unsre größten Objektive noch von diesen Dimensionen entfernt sind; aber auch wenn es gelänge, Glaslinsen in dieser

kolossalen Größe herzustellen, würde sich unsre gegenwärtige Fernrohrkonstruktion sicherlich nicht mehr bewähren. Endlich erfordert die Beobachtung des Mondes vor allem eine besonders ruhige Luft; sehr geringe Wallungen, die z. B. Beobachtungen von Doppelsternen noch ganz gut gestatten, lassen das feinste Detail des Mondes bereits verschwinden. Sollen also sehr große Fernrohre ihre Kraft am Monde erproben, so müssen sie in großer Höhe aufgestellt werden, und zwar da, wo die Luft anhaltend klar und ruhig ist. Denken wir uns einen Refraktor von etwa 1 m Öffnung in der dünnen, reinen Atmosphäre der Höhen der amerikanischen Sierra Nevada aufgestellt und auf den Mond gerichtet, so begreifen wir sofort, daß er Einblicke in die Mondwelt verschaffen wird, von denen wir gegenwärtig kaum etwas ahnen. Ein solches Fernrohr würde bei 300maliger Vergrößerung noch alle Punkte der Mondscheibe in ihrer natürlichen Helligkeit zeigen. Es würde unter Anwendung von 2000maliger Vergrößerung die Frage definitiv entscheiden, ob auf dem Monde Bauwerke ähnlich unsern Häusern und Kirchen vorhanden sind. Ich finde es durchaus nicht abenteuerlich, dies von der Zukunft zu erwarten. Oder hätte man es vor 50 Jahren nicht für weit schwieriger gehalten, ein Instrument zu konstruieren, welches das Licht selbst zwingt, den Gegenstand, von dem es kommt, zu zeichnen? Und betrachten wir heute nur die photographische Camera! Würde man vor 50 Jahren denjenigen nicht verlacht haben, der von einer Chemie der Gestirne gesprochen hätte? Heute aber hat das Spektroskop dies und noch mehr zur Wahrheit gemacht. Ähnlich geht es mit dem Monde. Was die früheren Beobachter von 300maliger Vergrößerung als der stärksten, noch vorteilhaft auf den Mond anwendbaren, sagten, galt für ihre Instrumente und Observatorien, es hat aber keine Gültigkeit als Machtspruch für die Zukunft. Wir stehen gegenwärtig erst an der Schwelle des Einganges, der uns einen genauen Blick in die heimatlichen Zustände der Mondoberfläche gestatten wird, und vor Ablauf des gegenwärtigen Jahrhunderts wird man wahrscheinlich hierüber noch merkwürdige Dinge erfahren.

Ist nun, werden wir fragen, der Mond unbewohnt, und soll er es in alle Ewigkeit sein? Soll die Erde allein unter den Millionen Welten den Vorzug der Belebtheit haben, soll rings im unermeßlichen Ozeane tote Einöde sein? Entscheiden läßt sich darüber nichts. Ich will jedoch in dieser Beziehung eine Äußerung des berühmten amerikanischen Astronomen Newcomb vorführen. „Enthusiastische Schriftsteller“, sagt dieser, „bevölkern mitunter nicht nur die Planeten mit Bewohnern, sondern berechnen auch die mögliche Zahl der Bevölkerung nach Quadratmeilen der Oberfläche und werfen freigebig Astronomen hinein, die unsre Erde mit mächtigen Teleskopen untersuchen. Es wäre Anmaßung, diese Möglichkeit absolut leugnen zu wollen; daß dies jedoch im höchsten Grade unwahrscheinlich ist, wenigstens in bezug auf irgend einen unsrer Planeten, ergibt sich aus einer Betrachtung über das kurze Bestehen der Zivilisation auf der Erde, verglichen mit der Dauer ihrer Existenz als Planet. Hätte sie ein „Engel“ in Zwischenräumen von 10000 Jahren besucht, um nach denkenden Wesen zu suchen, so würde er tausendmal oder öfter enttäuscht worden sein. Nach der Analogie zu

urteilen, müssen wir annehmen, daß dieselben Enttäuschungen den erwarten würden, der jetzt eine ähnliche Entdeckungsreise von Planet zu Planet, von System zu System unternähme, bis er viele tausend Planeten untersucht hätte." Wenn sich aber das Leben des Mondes zur Schöpfung verkörperter Gedanken, tierischer, menschenähnlicher Wesen erheben oder erhoben haben sollte, so lehrt die Wissenschaft uns wenigstens gewisse Bedingungen für ihre Naturbeschaffenheit erraten. Denn die Gesetze, denen das Leben unsrer Erde gehorcht, müssen nicht minder für andre Welten gelten, mag auch diese Wesenseinheit nicht die Mannigfaltigkeit in den Formen ausschließen. Schon in unsrer irdischen Tierwelt sehen wir ja diese Einheit sich in der mannigfachsten Gestaltung entfalten. Wie verschieden sind nicht die Atmungs- und Bewegungsorgane! Da sehen wir Lungen, Kiemen und Tracheen, Arme, Füße, Flügel und Flossen, je nach der Natur des Elements, in welchem die Tiere atmen und sich bewegen. So mag es denn gestattet sein, nach den ewigen Naturgesetzen aus den bereits erkannten Naturbedingungen hypothetische Schlüsse auf die Lebensformen der Bewohner jener Welten zu ziehen, vorausgesetzt, daß solche überhaupt existieren. Auf dieses Recht gestützt will ich es nun versuchen, für den Leser aus Klima, Boden und Landschaft ein annäherndes Bild von den Lebensverhältnissen der Mondwelt zusammenzusetzen.

Größenverhältnis von Erde und Mond.

Ich muß zuerst darauf aufmerksam machen, daß auf der Oberfläche des Mondes die Schwere weit geringer ist als auf der Erde. Wir würden dort ohne sonderliche Anstrengung über Berge und durch tiefe Thäler wandern können; alle unsre Bewegungen würden uns das Gefühl einer ungemeinen Leichtigkeit geben. Da nämlich die Masse des Mondes nur etwa $^1/_{80}$, sein Durchmesser nur $^4/_{15}$ im Verhältnis zu unsrer Erde beträgt, die Schwere aber nach einem bekannten Naturgesetz im geraden Verhältnis der Massen und im umgekehrten der Quadrate der Halbmesser abnimmt, so ist die Schwere auf dem Monde ungefähr sechsmal geringer als auf der Erde. Mit derselben Kraftanstrengung also, mit der wir hier 8—9 Kilogramm heben, würden wir dort einen Zentner in Bewegung setzen können; mit derselben Kraft, mit der wir hier einen Stein 16 m hoch werfen, könnten wir ihn dort 96 m hoch schleudern. Unebenheiten des Bodens würden also einem in unsrer Weise organisierten Mondbewohner dort kaum Schwierigkeiten bereiten. Schnell vermöchte er über Hügel hinzugleiten, die uns auf Erden riesige Wegebauten

abnötigen würden. Wir sehen, wie wenig man an dieses Verhältnis der Schwere gedacht hat, als man sich abmühte, den Mond in einer Weise zu bevölkern und zu bebauen, daß er von unsrer Erde kaum noch zu unterscheiden war.

Wir wollen uns nun aber auch nach den beiden wichtigsten irdischen Lebenselementen, Luft und Wasser, umschauen. Damit ist es dort oben leider schlecht bestellt. Lassen wir uns nicht durch ein Gefühl von Mitleid für das Wohl der armen Mondmenschen bestechen; die Wissenschaft muß uns durch alle Resultate ihrer bisherigen Forschung jeden Glauben an ein Dasein von Luft und Wasser, wie wir es von der Erde her kennen, für den Mond verbieten. Jede Luftart gibt sich bekanntlich dadurch zu erkennen, daß sie den hindurchgehenden Lichtstrahl ablenkt und schwächt. Die Atmosphäre des Mondes zeigt nicht das Geringste von beidem. Die Landschaften des Randes erscheinen mit derselben Deutlichkeit wie die der Mitte, und ein Stern zeigt bei seinem Eintritte in den Mondrand so wenig als bei seinem Austritte eine Schwächung, Verzögerung oder Ablenkung seines Lichts. Auch der Wasserdampf müßte sich durch Strahlenbrechung verraten, wenn er in jener Atmosphäre aufgelöst, oder wenn die Mondfläche mit Wasser bedeckt wäre, das seine Eigenschaft, zu verdunsten, dort doch auch nicht verleugnen könnte. Man hat alles aufgeboten, dem Monde seine Atmosphäre zu retten. Man hat darauf hingewiesen, daß eine sehr dünne Luftschicht, selbst von tausend Meter Höhe, in ihren Wirkungen kaum für unsre Fernrohre bemerklich werden könne. Man hat, namentlich seit Hansen in Gotha nachgewiesen, daß der Schwerpunkt des Mondes nicht mit seinem Mittelpunkt zusammenfalle, daß die uns zugewandte Mondhälfte vielmehr bedeutend schwerer sei als die uns abgewandte, auf der letzteren der Mondatmosphäre eine Zuflucht angewiesen. Man hat gesagt, die uns zugewandte Mondscheibe sei gleichsam nur als ein bedeutend erhabenes Gebirgsplateau zu betrachten, das über die eigentliche Atmosphäre hinausrage, während die andre Hälfte alle Niederungen, alles Wasser, alle Luft und darum alles organische Leben umfasse. Wollen wir nun kraft der unantastbaren Rechte unsrer Phantasie Luft und Wasser des Mondes auf jenes abgewandte Jenseits verweisen, wollen wir dort von paradiesischen Gefilden, rieselnden Bächen und milden Zephyren träumen, so kann ich nichts dawider haben, außer daß der geringe Teil dieser Fläche, der uns infolge der Libration sichtbar wird, und der etwa $^1/_7$ dieser Fläche beträgt, noch nichts von einem solchen jenseitigen Luftreich verraten hat. Wollen wir das aber nicht, so bleibt uns nur übrig, mit den meisten Astronomen eine Mondatmosphäre von so ätherischer Feinheit anzunehmen, daß in der Entfernung von 50 000 Meilen ihre Spuren nicht zu entdecken sind. Die sorgfältigen Beobachtungen Bessels ergaben als äußerste Grenze der Möglichkeit eine Mondluft von fast 300 mal geringerer Dichtigkeit als unsre atmosphärische Luft. Ich will versuchen, den Weg klar zu machen, auf welchem Bessel zu diesem interessanten Resultate gelangt ist.

Wie ich schon oben bemerkte, lenkt jedes Gas den schief hindurchgehenden Lichtstrahl von seiner geraden Linie ab. Bei unsrer Atmosphäre findet dies ebenfalls statt. Infolge der durch sie verursachten Lichtbrechung oder Refraktion

erscheint uns die Sonne schon über dem Horizonte, wenn sie in der That um ein Geringes unter demselben ist. Die Lufthülle beschleunigt also den Sonnenaufgang und verzögert den Sonnenuntergang, mit andern Worten: sie verlängert um einige Minuten den Tag und verkürzt um eben so viel die Nacht. Wenden wir uns jetzt zum Monde. Wie wir wissen, bewegt sich derselbe am Himmel unter den Sternen fort, und es kommt dabei von Zeit zu Zeit vor, daß er den einen oder andern Stern für unser Auge verdeckt. Nehmen wir nun an, der Mittelpunkt der Mondscheibe gehe genau über einen Stern weg. Es findet dann eine sogenannte zentrale Bedeckung dieses Sternes statt, und wir werden ohne Schwierigkeit begreifen, daß der Stern für den Anblick von der Erde aus so viele Zeitsekunden lang unsichtbar bleiben muß, als der Mond bedarf, um einen Bogen am Himmel zu durchlaufen, der an Größe seinem eignen Durchmesser gleich ist. Wäre er aber von einer Atmosphäre umgeben, so könnte dies nicht mehr stattfinden, vielmehr würde diese auf den Stern ähnlich wirken wie unsre Lufthülle. Der Stern würde infolge der Refraktion noch sichtbar sein, wenn er wirklich schon vom vorangehenden Mondrande bedeckt worden, und er würde bereits wieder hinter dem Mondrande aufzutauchen scheinen, wenn er in Wirklichkeit noch davon bedeckt wäre. Die Dauer der Bedeckung muß hiernach durch die Mondatmosphäre abgekürzt werden. Bessel hat nun scharfe Beobachtungen der Dauer von Sternbedeckungen durch den Mond angestellt und gefunden, daß sie genau so stattfinden, als wenn keine Lichtbrechung am Mondrande existiert, also auch keine Lufthülle den Mond umgibt. Selbst wenn man alle Umstände in dem der Annahme einer Mondluft günstigsten Sinne in Rechnung bringt, so findet man für deren Dichte doch nur den außerordentlich geringen Wert, den ich vorhin angab. Wir sehen, wie wenig an eine Ähnlichkeit der Naturverhältnisse von Mond und Erde zu denken ist. Ganz andre Leiber müssen jene Mondbewohner tragen, andres Blut muß in ihren Adern fließen, mit andern Lungen müssen sie atmen. Wir wenigstens vermöchten in solcher Welt nicht zu leben!

Könnten wir uns aber schon mit der Luft des Mondes nicht befreunden, so werden wir es noch weniger mit seinem Kalender. Tage und Jahre gibt es dort eigentlich nicht; Tag und Jahr fallen zusammen und währen so lange als unsre Monate, 29 Tage 12 Stunden 44 Min. Auch ein Unterschied von Jahreszeiten ist kaum merkbar. Die Tage sind durch den ganzen Verlauf unsres Erdenjahres fast von gleicher Dauer, alle Tage gleich hell, alle Nächte gleich dunkel. Der Mangel einer strahlenbrechenden Atmosphäre raubt die Wohlthat der Dämmerung, und nur die Langsamkeit des Sonnen-Auf- und Untergangs mildert etwas den Übergang vom glänzendsten Tage zur dunkelsten Nacht. Mit Augen gleich den unsrigen würden die Mondbewohner diese scharfen Kontraste von Licht und Schatten nicht ertragen, indem sie jene sanften Übergangsfarben zwischen Schwarz und Weiß, die unsre Welt mit ihrem bunten Spiel verschönen, nicht kennen. Ein schwarzer Himmel, sonnenbeglänzte Höhen, dämmerungsgraue Thäler, das wären die Lichtelemente ihrer Landschaft.

Während tiefes Dunkel die Nächte der jenseitigen Mondhälfte bezeichnet, und nur Sterne an der schwarzen Hülle funkeln, die fast 15 Tage lang sich über

jener Fläche wölbt, gibt es auf der uns zugewandten Seite keine durchaus finstere Nacht; die Erde erleuchtet sie beständig und mit einem 14mal helleren Lichte, als uns der Mond leuchtet. Wir können dieses Erdlicht in dem schwachen, aschgrauen Dämmerschein des unbeleuchteten Teiles des Mondes vor und nach dem Neumonde erkennen, wie es von der Erde empfangen, vom Monde abermals zur Erde zurückgeworfen wird. Der Leser wird vielleicht schon die Bemerkung gemacht haben, daß es ihm bei abnehmendem Monde lebhafter als bei zunehmendem erscheint, und einige Astronomen wollen dies dadurch erklären, daß zu der einen Zeit die stärker reflektierende Kontinentalhälfte der Erde, zur andern die ozeanische dem Monde gegenüber steht. Der ganze Himmel bewegt sich den Mondbewohnern langsam in $29^1/_2$ Tagen um seine Achse, und nur einmal gehen an dem langen Tage Sonne und Sterne auf und unter. Nur die Erde steht, wie wir bereits wissen, für denselben Ort des Mondes fast unverrückt fest an ihrer Stelle. Alle 24 Stunden 50 Minuten wendet sie dem Mondbewohner alle ihre Seiten zu, und mit irdischen Sehorganen würde er auf der die Mondscheibe 14mal an Fläche übertreffenden Erdscheibe nacheinander Meere, Kontinente und Inseln vorüberziehen sehen. Er würde ihre Helligkeit wechseln sehen mit Land und Meer, mit Jahreszeiten und Kulturveränderungen, mit Wolken- und Nebelbildungen auf der Erde. So wird der Mondbewohner also nicht nur Uhr und Kalender an der Erde haben, sondern er wird sich auch Karten von der Erde entwerfen können, um deren Genauigkeit ihn in manchen Beziehungen unsre irdischen Geographen beneiden möchten.

Bezüglich der Dauer des Tages findet für die uns zugekehrte und die abgewandte Seite des Mondes eine kleine Verschiedenheit statt, auf die ich den Leser noch aufmerksam machen möchte. Für den durch die Mitte der diesseitigen Mondhemisphäre gehenden Meridian ist die Dauer des mittlern Mondtages 354 Stunden 55 Minuten 57 Sekunden, für den Meridian der jenseitigen Mitte 353 Stunden, 48 Minuten 2 Sekunden. Der Grund dieses kleinen Unterschiedes ist darin zu suchen, daß, wenn der Mond von der letzten Quadratur zur ersten rückt, die wirkliche Bewegung desselben der scheinbaren der Sonne entgegengesetzt ist und letztere dadurch etwas beschleunigt wird. Es tritt also eine Verspätung des Sonnenaufganges und eine Beschleunigung des Sonnenunterganges ein, die für den durch die abgewandte Mondhälfte gehenden mittelsten Meridian zusammen 33 Minuten 56 Sekunden beträgt.

Auf der uns abgewandten Seite des Mondes erfährt der Bewohner von unsrer Erde nichts, es müßten ihm denn Reisende von ihr berichten. Dafür ist diese Seite mit ihren dunklen, fast 15tägigen Nächten die Sternwarte des Mondes, die schönste unsres Planetensystems überhaupt. Kein Erdschein, keine Dämmerung hindert dort die feinsten Beobachtungen; langsam nur verändern die Sterne ihre Örter, und Wolken und Nebel verhüllen sie nicht.

Aber was helfen uns alle diese Vorzüge? werden wir sagen; es wird uns unheimlich auf dieser fremden Welt. Die Sonne vermag diese dünne Luft kaum zu erwärmen, und wenn uns in den Ebenen des Äquators eine 14tägige Sonnenhitze ausgedörrt hat, versetzt uns eine 14tägige Nacht wieder in erstarrende Kälte.

Unsre Augen werden geblendet von diesem dämmerungslosen, wolkenlosen, farblosen Tage. Wir brauchen Adleraugen, brauchen eine andre Empfindlichkeit unsrer Nerven für Farben- und Lichttöne. Unser Körper ermüdet, er ist nicht kräftig, nicht ausdauernd genug gebaut für eine solche Tagearbeit!

Wohlan! So unerträglich, so unheimlich wird diese Fremde, und doch waren wir nahe daran, uns von unsrer Phantasie verleiten zu lassen, daraus eine Heimat für menschenähnliche Wesen zu schaffen! Verändern wir eine der Naturbedingungen auf unsrer Erde, und unsre Existenz wird uns ebenso gefährdet erscheinen. Denken wir nur, welchen Einfluß allein die Beschaffenheit der Atmosphäre auf die Körpergestaltung ausübt! Unser Leben ist von der Sauerstoffmenge abhängig, die wir mit jedem Atemzuge aufnehmen. Auf hohen Bergen müssen wir schneller atmen, weil die Luft dünner ist. In der dünnen Mondluft würde eine Atmung uns also nur dann noch möglich erscheinen, wenn auch das Blut eine langsamere Verbrennung erforderte. Aber damit hängt noch weit mehr zusammen. In so dünner Luft wird auch das Wachstum der Pflanzen geringer sein, da ihnen die Nahrungsmittel ja ebenso verdünnt zugeführt werden. Der Ertrag einer Mondvegetation kann also in gleicher Zeit nur etwa der dreihundertste Teil von dem der irdischen sein. Da aber die Tierwelt wieder von der Pflanzenwelt abhängt, so muß auch wegen der geringeren Nahrungsmenge ihre Masse in demselben Verhältnis zu der unsrer Tierwelt stehen. Geben wir also dem Mondbewohner dieselbe Dichtigkeit der Knochen und Muskeln, wie wir sie besitzen, so werden wir ihn so verkleinern müssen, daß er kaum noch die Größe einer Linie, also etwa einer kleinen Ameise behält. Geben wir ihm wiederum unsre Größe, so wird für seinen Körper kaum noch eine Dichtigkeit bleiben, welche die unsrer Luft etwas überträfe. Aber noch mehr! Die langen Tage und Nächte des Mondes und die damit verbundenen außerordentlichen Temperaturwechsel werden uns zu der Annahme nötigen, daß die meisten Pflanzen dort in einem Mondtage oder Mondsommer ihr Wachstum vollenden. Damit aber möchte wieder ein schneller Verlauf der Lebensprozesse überhaupt bedingt sein. Wenn aber der Kreislauf des Lebens dort zwölfmal schneller als auf der Erde erfolgt, so möchte wohl gar das Leben der Individuen zu kurz werden für eine der irdischen gleiche Entfaltung geistiger Kultur. Mit jeder veränderten Naturbedingung entfernt sich die Gestaltung der fremden Lebenswelt mehr und mehr von dem Urbilde, das wir von der Erde her mitgebracht hatten.

Zum Schlusse noch einige Worte über den Einfluß des Mondes auf unsre Erde. Abgesehen von der Ebbe und Flut unsrer Meere, welche, wie wir wissen, durch die Mondanziehung im Vereine mit der Attraktion der Sonne hervorgerufen werden, haben geraume Zeit hindurch Zweifel über die etwaige Mondeinwirkung auf unsern Planeten geherrscht. Wärend die einen hier ganz beträchtliche Einflüsse sehen wollten, leugneten andre jede Spur davon. Neuere Forschungen haben gezeigt, daß hier, wie in vielen andern Fällen, die Wahrheit in der Mitte lag. Gewiß existiert eine Einwirkung des Mondes, und zwar zunächst auf den Luftdruck, wie er vom Barometer angezeigt wird. Besonders die Untersuchungen von

Sabine und Bergsma haben ergeben, daß in der Atmosphäre eine Art von Ebbe und Flut stattfindet, welche durch den Mond hervorgerufen wird. Nach Beobachtungen zu Batavia steigt im Mittel das Barometer eine Stunde nach dem Mondburchgange durch den Meridian um $^{7}/_{100}$ mm über seinen durchschnittlichen Stand, sinkt 6 Stunden später $^{4}/_{100}$ mm unter denselben, erhebt sich nach weiteren 6 Stunden abermals um $^{5}/_{100}$ mm über das Mittel und sinkt wiederum 6 Stunden später $^{6}/_{100}$ mm unter dasselbe. Wir haben hier eine deutliche Ebbe und Flut der Atmosphäre, doch allerdings von so geringer Intensität, daß langjährige feine Beobachtungen dazu gehören, um sie überhaupt wahrzunehmen. Dagegen hat sich der lange behauptete Einfluß der Mondphasen auf das Wetter nicht bestätigt, und die neuerdings wieder aufgewärmte alte Irrlehre, wonach aus der Mondstellung das Wetter vorausberechnet (!) werden könne, hat keinerlei wissenschaftlich nachgewiesene Basis. Die Mondviertel sind ebenfalls ganz unschuldig an dem Regen oder Schnee, der vielleicht zur Zeit des Eintrittes fällt. Anderseits hat schon im Jahre 1839 Kreil auf einen Zusammenhang zwischen den magnetischen Schwankungen und dem Mondlaufe hingewiesen und 1864 Lamont in München gezeigt, daß im Laufe eines Mondtages zwei Maxima und zwei Minima der Bewegung der Magnetnadel nach sehr nahe gleichen Zwischenzeiten stattfinden. In welcher Weise diese Einwirkung des Mondes zustande kommt, läßt sich gegenwärtig mit Sicherheit nicht sagen. Vielleicht spielt die Wärme des Mondlichtes dabei einer Rolle, die nach neueren Untersuchungen auch beträchtlicher ist, als man früher anzunehmen geneigt war. Die Zukunft wird uns auch in dieser Beziehung größere Klarheit bringen. Jedenfalls dürfen wir annehmen, daß zwischen zwei so eng miteinander verbundenen Weltkörpern wie Erde und Mond, noch manche Wechselbeziehung stattfindet, von der wir zur Zeit keine Ahnung haben.

Ringwall und dunkler Fleck im Innern der Wallebene Alphonsus.

Sonnenaufgang im hohen Norden.

Drittes Kapitel.

Die Sonne.

> Von mir kommt Leben und Gewalt,
> Gedeihen, Wohlthun, Macht;
> Und würd' ich finster, ruhig, kalt,
> Stürzt' alles in die Nacht.

Zwanzig Millionen Meilen haben wir auf den Wellen des Lichtmeers durchflogen, vierhundertmal haben wir die Strecke, die den Mond von unsrer Erde trennte, durchmessen, und vor uns schwebt nun der strahlende Riesenball der Sonne. Aber wer hat es gewagt, einen irdischen Maßstab zu legen an diese ungeheure Wegstrecke, durch die uns wohl der Lichtstrahl in $8^1/_4$ Minuten tragen konnte, die aber zu durcheilen schon der Schall 14 Jahre brauchen würde? So fragen wir verwundert, und in der That ist es noch nicht gar zu lange her, daß man eine genaue Kentnis von dieser Entfernung hat. Pythagoras hielt noch den Abstand der Sonne und der Erde für nicht größer als etwa 16—18 000 Meilen, und selbst die größten Astronomen des Altertums, Aristarch von Samos, Hipparch und Ptolemäus, wagten, trotz der scharfsinnigen Messungsmethode des erstern, die Sonne nicht auf mehr als 1146 Halbmesser der Erde zu entfernen.

Daß das Mittelalter an dieser Vorstellung nichts änderte, wird uns nicht in Erstaunen setzen, wohl aber, daß auch ein Kopernikus, ein Tycho Brahe nicht darüber hinauskamen. Kepler glaubte zwar diese Schätzung des Sonnenabstandes verdreifachen zu müssen, aber ohne doch einen eigentlichen Grund für seine neue Annahme zu haben. Erst im vorigen Jahrhundert begann man wirkliche Beobachtungen anzustellen, welche man genaueren Berechnungen der Sonnenentfernung zu Grunde legen konnte, und mit jeder Beobachtung rückte die Sonne weiter hinaus in den Weltraum. Im Jahre 1751 war durch Lacailles Beobachtungen bereits ein Abstand von 20 123 Erdhalbmessern oder etwa 17 Mill. Meilen erreicht worden. Im Jahre 1769 endlich wurde das erste sichere Resultat gewonnen. Dies Resultat, das wir einem der wichtigsten und seltensten Ereignisse des Himmels und den vereinten Anstrengungen aller Nationen Europas verdanken, setzte die mittlere Entfernung der Sonne auf 23 984 Erdhalbmesser oder 20 682 329 geogr. Meilen fest. Freilich konnte dieser Wert nur als eine Annäherung zur Wahrheit bezeichnet werden, und ich mag hier nicht verschweigen, daß ein Irrtum von $^1/_2$ Million Meilen mehr oder weniger von dieser Zahl noch keineswegs ausgeschlossen war. Man wird diese Langsamkeit und Unsicherheit in der Ausbildung unsrer Kenntnis von der Sonnenentfernung unbegreiflich finden und nach der Ursache fragen, warum nicht wenigstens in den letzten 90 Jahren ein weiterer Schritt hierin gethan wurde, zumal doch die Gegenwart so reich an wahrhaft überraschenden Aufschlüssen auf dem Gebiete der Astronomie gewesen ist. Ich werde versuchen, darauf eine Antwort zu geben.

Den Abstand eines Himmelskörpers von der Erde zu bestimmen, erfordert offenbar kein wesentlich andres Verfahren, als dessen sich etwa der Feldmesser bedient, um den Abstand eines Ortes auf der Erde von einem andern zu ermitteln. Ich will jetzt dem Leser dieses Verfahren der Feldmesser an einem einfachen Beispiele klar machen. In Figur auf S. 203 ist A ein Punkt jenseit des Flusses, dessen Entfernung von B gemessen werden soll, der aber von hier aus direkt nicht erreicht werden kann. Um unter diesen Verhältnissen den Abstand von B zu bestimmen, mißt der Feldmesser zunächst eine sogenannte Standlinie oder Basis BC mittels der Meßkette genau aus. Nachdem dies geschehen, stellt er in B seinen Theodoliten auf und bestimmt mit Hilfe desselben den Winkel ABC; darauf begibt er sich nach B, stellt hier sein Instrument auf und mißt den Winkel ABC. Aus der Geometrie ist nun bekannt, daß in dem Dreieck ABC, der Winkel bei A an Größe gleich ist 180° minus der Summe der Winkel B und C, und nun ist es leicht, durch Konstruktion oder durch Rechnung die Länge der Linie AB zu bestimmen. Auch der Himmelskörper wird, wenn er sich irgend in meßbarer Entfernung befindet, von zwei verschiedenen, hinreichend weit auseinander gelegenen Beobachtungspunkten, natürlich im gleichen Augenblicke, an verschiedenen Orten, d. h. unter verschiedenen Winkeln mit dem Horizont oder dem Zenith gesehen werden. Kennt man also den Abstand der Beobachtungsörter und den Unterschied der beiden Winkel, unter welchen der Himmelskörper beobachtet wurde, so kann man daraus den Abstand berechnen. Der Unterschied dieser Winkel entspricht

zugleich dem Winkel, welchen die von den Beobachtungsorten auf den Himmelskörper gerichteten Gesichtslinien einschließen, und ist offenbar der Gesichtswinkel selbst, unter welchem der Abstand der Beobachtungsorte von dem Punkte, dessen Entfernung man sucht, gesehen werden würde. Ich kann dem Leser nun in aller Kürze sagen, daß es eben dieser Winkel ist, den der Astronom als Parallaxe bezeichnet, vorausgesetzt nämlich, daß der Abstand der beiden Beobachtungsorte der Halbmesser der Erde selbst ist; eine Voraussetzung, die allerdings nur zutrifft, wenn der eine Beobachtungsort der Mittelpunkt der Erde selbst und der andre so gewählt ist, daß der Himmelskörper, dessen Abstand gemessen werden soll, in dem Horizonte desselben erscheint.

Messen der Entfernung eines unzugänglichen Punktes.

Daß jede wirkliche Beobachtung auf diese ideellen Bedingungen durch Rechnung zurückgeführt werden kann, dies dem Leser nachzuweisen, würde mich in diesem Augenblicke zu weit führen. Halten wir nur daran fest, daß wir unter der Parallaxe den Gesichtswinkel verstehen, unter welchem der Erdhalbmesser von dem Punkte aus gesehen würde, dessen Abstand gesucht werden soll.

Die ganze Schwierigkeit einer solchen Messung liegt also nur in der Größe des zu messenden Abstandes, da durch diese der Einfluß bedingt ist, welchen die möglichen Beobachtungsfehler auf die Sicherheit des Resultats haben. Je entfernter das Gestirn, desto kleiner wird die Parallaxe, und mit desto größerer Genauigkeit muß sie bestimmt werden, wenn die Fehler nicht einen zu bedeutenden Bruchteil des Resultats umfassen sollen. Die Bestimmung der Mondparallaxe

bietet darum die geringsten Schwierigkeiten, und über den Abstand des Mondes ist man niemals in allzugroßer Ungewißheit gewesen.

Das Verfahren der Astronomen zur Bestimmung der Mondparallaxe wird leicht aus nebenstehender Figur (S. 205) deutlich. Hier bezeichnet T den Mittelpunkt der Erde und L das Zentrum des Mondes. A und B sind zwei möglichst weit voneinander entlegene Punkte der Erdoberfläche, Z und Z' ihre respektiven Scheitelpunkte. Der Beobachter in A mißt den Winkel ZAL oder die Zenithdistanz des Mondes an seinem Beobachtungsorte, und ebenso mißt der Beobachter in B den Winkel Z'BL oder die Zenithdistanz des Mondes in B.

Diese Messungen müssen gleichzeitig — oder sie müssen doch wenigstens annähernd gleichzeitig angestellt werden, so daß sie durch Rechnung auf den gleichen Zeitmoment reduziert werden können. Ist nun ferner die geographische Breite jedes der beiden Beobachtungsorte genau bekannt und nehmen wir ferner der Einfachheit halber an, daß A und B auf demselben Meridian liegen, so kennt man sofort auch den Winkel ATB, und diese Angaben genügen in Verbindung mit der bekannten Größe des Erdhalbmessers, um die Entfernung des Mondes zu berechnen oder durch Konstruktion zu bestimmen. Die gleichzeitigen Beobachtungen, welche im Jahre 1756 Lalande in Berlin und Lacaille an Kap der guten Hoffnung anstellten, haben die Mondparallaxe zuerst mit einem hohen Grade von Genauigkeit kennen gelehrt; durch neuere und noch genauere Beobachtungen ist ihr mittlerer Wert zu 57' bestimmt worden. Dies entspricht einem Abstande des Mondes, der etwa sechzigmal den Halbmesser der Erde übertrifft. Nehmen wir nun einmal an, die gefundene Parallaxe sei um eine Sekunde fehlerhaft. Ein solcher Fehler würde offenbar der 3420. Teil des ganzen Resultats ausmachen, also nur etwa 15 geogr. Meilen entsprechen. Ganz anders gestaltet sich dies in betreff der Sonnenparallaxe. Ich kann schon im voraus sagen, daß dieselbe höchstens 8",9 beträgt; ein Fehler von einer Sekunde würde also hier fast den neunten Teil des Resultats umfassen und damit die Bedeutung von mehr als 2 Millionen Meilen erlangen.

Wir werden uns jetzt nicht mehr wundern, daß die Alten eine so irrtümliche Vorstellung von der Entfernung der Sonne hatten. Wie hätten sie mit ihren mangelhaften Beobachtungsmitteln versuchen sollen, einen Winkel von wenigen Sekunden, wie ihn die Sonnenparallaxe darbietet, zu messen! Sie haben es in der That nicht versucht; aber um so größere Anerkennung verdient der Scharfsinn eines Aristarch von Samos, der gleichwohl ein Mittel aufzufinden wußte, um sich wenigstens eine annähernde Kenntnis von jener Entfernung zu verschaffen. Wenn nämlich der Erdhalbmesser für die damaligen Beobachtungsmittel zu klein war, als daß der Winkel, unter dem er sich einem Beobachter auf der Sonne hätte darbieten müssen, gemessen werden konnte, so werden wir leicht begreifen, daß der Abstand des Mondes von der Erde, unter einem 60mal größeren Winkel erscheinend, bei weitem eher eine Messung ermöglichen mußte. Die Sekunden der eigentlichen Sonnenparallaxe verwandelten sich ja für diese vergrößerte Grundlinie in Minuten. Aber Aristarch wußte auch eine Gelegenheit zu finden, um diesen

Winkel zu messen. Er erkannte mit Recht, daß in dem Augenblicke, wo der Mond genau in sein erstes Viertel eintritt, d. h. wo die Sonne genau die Hälfte der uns zugewandten Mondscheibe erleuchtet, Sonne, Mond und Erde untereinander ein rechtwinkeliges Dreieck bilden, dessen rechter Winkel im Monde seinen Scheitelpunkt hat. Es galt also nur, den Winkel zu messen, welchen Sonne und Mond in diesem Augenblicke für den Beobachter auf der Erde bildeten, um daraus den Winkel an der Sonne selbst abzuleiten, unter welchem der Abstand des Mondes von der Erde erscheinen mußte. Daß Aristarch für diesen Winkel die Größe von 3° fand, und daß sich ihm daraus eine Sonnenparallaxe von 3′, also ein Sonnenabstand von nur 20 Mondbahnhalbmessern oder 1146 Erdhalbmessern ergab, lag lediglich an der Unvollkommenheit seiner Beobachtungsmittel. Wie weit er aber damit von der Wahrheit entfernt blieb, können wir daraus entnehmen, daß jene Schätzung des Sonnenabstandes nur zehnmal den wirklichen Halbmesser des Sonnenkörpers selbst übertraf, wie er uns jetzt bekannt ist.

Messen der Entfernung des Mondes von der Erde.

Die außerordentliche Kleinheit der Sonnenparallaxe gestattete auch später, ja bis auf den heutigen Tag nicht die unmittelbare Messung dieses Winkels. Auch die Astronomen des 18. Jahrhunderts mußten Umwege einschlagen, um zu seiner Kenntnis zu gelangen. Die Verhältnisse unsres Planetensystems waren inzwischen durch die Keplerschen Gesetze mit einer Genauigkeit festgestellt worden, die nichts zu wünschen übrig ließ, ohne daß man auch nur das Geringste von seinen wirklichen Dimensionen erkundet hatte. Es bedurfte nur der Kenntnis des Abstandes eines einzigen Planeten von der Sonne, um das Maß für alle übrigen räumlichen Beziehungen des Systems zu gewinnen, gleichwie für den Geometer die Kenntnis einer einzigen Seite eines Dreieckes, dessen Winkel er bestimmt hat, zur Kenntnis aller andern genügt. Richer, Römer, Cassini, Flamsteed, Bradley und andre Astronomen bemühten sich daher, die Parallaxe des Mars zu finden. Sie benutzten dazu den Augenblick, wo der Mars in Opposition mit der Erde stand, indem sie dabei von der ganz richtigen Überlegung ausgingen, daß, wenn die Entfernung des Planeten von der Erde nicht gerade außerordentlich groß sei, seine Bewegung mit der eines benachbarten

Fixsternes nicht vollkommen übereinstimmen könne, daß sich also einige Stunden vor und nach seinem Meridiandurchgange andre Werte für den Unterschied zwischen der Rektaszension des Planeten und des Fixsternes ergeben müssen, als für den Augenblick des Meridiandurchganges selbst. Aus der Größe dieser Veränderung schloß man durch Rechnung auf die Parallaxe des Planeten. So erfuhr man den Abstand des Planeten von der Erde, und nach dem bekannten Keplerschen Gesetz, daß sich die Kubikzahlen der Entfernungen zweier Planeten von der Sonne verhalten wie die Quadratzahlen ihrer Umlaufszeiten, war es leicht, auch die Entfernung der Erde von der Sonne zu berechnen. Daß auf diese Weise allerdings eine wesentliche Berichtigung in der Kenntnis des Sonnenabstandes und damit aller Raumgrößen des Planetensystems herbeigeführt wurde, habe ich bereits erwähnt. Aber die so erhaltenen Angaben für die Sonnenparallaxe schwankten doch noch immer zwischen 9—12 Sekunden, und die Unsicherheit, welche dem Sonnenabstande selbst anhaftete, erstreckte sich noch auf Millionen von Meilen.

Ermittelung des Abstandes der Sonne von der Erde mit Hilfe der Venusdurchgänge.

Auch die ähnlichen Beobachtungen, welche Lacaille im Jahre 1751 für die Venus in ihrer unteren Konjunktion anstellte, führten zu keiner größeren Annäherung.

Da trat jenes Ereignis ein, welches, so unscheinbar für den Laien, doch von entscheidender Bedeutung für die Kenntnis unsres Planetensystems werden sollte, der Durchgang der Venus vor der Sonnenscheibe. Es fand zuerst statt im Jahre 1761 und wiederholte sich im Jahre 1768. Schon seit fast einem Jahrhundert waren die Erwartungen aller Astronomen auf diesen Vorgang gerichtet; denn der große Halley war es, der bereits im Jahre 1677 den richtigen Gedanken aussprach, daß in dieser Erscheinung das sicherste Mittel zur Bestimmung der Sonnenparallaxe gegeben sei. Halleys Gedanke verdient in der That die höchste Bewunderung, denn er ersetzte die direkte Messung der Sonnenparallaxe durch die Beobachtung einer Erscheinung, die einerseits durchaus abhängig von jener, anderseits durch die Größe ihrer Ausdehnung eine weit leichtere Messung gestattet. Statt einen Winkel von wenigen Sekunden forderte er, eine Zeitdauer zu messen, die selbst eine Viertelstunde übersteigt. Man kann diese von Halley empfohlene Methode geradezu mit dem mikroskopischen Verfahren vergleichen, das man zur Messung sehr kleiner Linien anwendet. Man vergrößert hierbei die Linie mit Hilfe eines Mikroskops und stellt dann einen Vergleich an.

Weltkarte zur Übersicht des Venusdurchganges vom 8. Dezember 1874.

Dieser Vergleich erfolgt mit einem sehr fein geteilten Maßstab; dann teilt man das erhaltene Resultat durch die Zahl der angewandten Vergrößerung. Um den Leser von dem Treffenden dieses Vergleiches zu überzeugen, will ich versuchen, ihm das Prinzip klar zu machen, auf welchem das Halleysche Verfahren, mit Hilfe der Venusdurchgänge die Sonnenparallaxe zu bestimmen, beruht.

Ich habe wohl schon gesagt, daß das Verhältnis zwischen den Abständen der Venus und der Erde von der Sonne auch ohne die Kenntnis der Abstände selbst aus allgemeinen kosmischen Gesetzen längst bekannt ist. In dem Augenblicke nun, wo die Venus vor der Sonne vorübergeht und alle drei Weltkörper in einer geraden Linie stehen, muß die Venus eine Stellung einnehmen, welche die gerade Linie von der Erde zur Sonne nach dem bekannten Verhältnis teilt. Wir wollen dies Verhältnis für den Augenblick des Ereignisses zu 0,73 annehmen, und bedeutend wird es nie von dieser Zahl abweichen können. Dann wird also, wenn wir mit V den Ort der Venus bezeichnen, $SV = 0{,}73$, $EV = 0{,}27$ sein. Wir wollen weiter möglichster Einfachheit wegen annehmen, zwei Beobachter befänden sich an den äußersten Endpunkten eines senkrecht auf der Bahnebene stehenden Durchmessers der Erde AB. Diese beiden Beobachter werden nun offenbar die Venus nicht an demselben Punkte der Sonnenscheibe sich darstellen sehen; der eine wird sie in a, der andre in b erblicken. Die Linie ab, d. h. der Abstand der scheinbaren Örter der Venus, steht nun zu der Linie AB in demselben Verhältnis wie der Abstand der Venus von der Sonne VS zu dem Abstand der Venus von der Erde VE, also in dem Verhältnis von 73 zu 27 oder 2,7 zu 1. Der Winkel also, unter welchem die Linie ab von der Erde aus gesehen wird, ist der 2,7mal vergrößerte Winkel, unter welchem AB von der Sonne aus gesehen wird, d. h. die 2,7mal vergrößerte doppelte Parallaxe der Sonne. Wir sehen, daß die von mir angedeutete mikroskopische Vergrößerung der Sonnenparallaxe damit in der That erreicht ist, und daß es nur noch darauf ankommt, den Winkel, unter welchem ab von der Erde aus erscheint, zu messen.

Beide Beobachter werden die Venus eine Sehne der Sonnenscheibe durchlaufen sehen, aber jeder eine andre, der Beobachter in A die Sehne ef, der Beobachter in B die Sehne cd. Kann man also die Lage dieser beiden Sehnen auf der Sonnenscheibe genau bestimmen, so kann man daraus auch auf ihren Abstand voneinander, also auf die Größe der Linie ab schließen. Nun ist aber die Geschwindigkeit der Venusbewegung in Beziehung auf die Sonne bekannt und also auch für den Augenblick der Beobachtung aus astronomischen Tafeln zu ersehen; man kann ferner an jedem Beobachtungsorte die Zeitdauer messen, welche die Venus braucht, um die Sonnenscheibe zu durchlaufen; man kann also auch unmittelbar daraus die Größe der Sehne ableiten, welche sie für jeden der Beobachter auf der Sonnenscheibe durchlaufen hat. Vergleicht man nun die so erhaltenen Werte der beiden Sehnen mit dem scheinbaren Durchmesser der Sonnenscheibe im Augenblicke der Beobachtung, so wird man durch ein einfaches geometrisches Verfahren die Lage jeder Sehne in bezug auf den Mittelpunkt der Sonnenscheibe, also auch ihren Abstand voneinander bestimmen können.

Wir begreifen daraus, daß nicht jeder Venusdurchgang gleich sichere Resultate für die Messung der Sonnenparallaxe geben kann. Bedenken wir, daß die ganze Parallaxe nur 8″,9 beträgt, daß der scheinbare Erddurchmesser, von der Sonne gesehen, nur unter einem Winkel von 17″,8 erscheint, daß also der Abstand der erwähnten Sehnen auf der Sonnenscheibe auch kaum $^3/_4$ Minuten, d. h. etwa den 40. Teil des scheinbaren Sonnendurchmessers erreicht. Der Grad der Genauigkeit der Messung wird also sehr durch die Lage der beiden Sehnen bestimmt. Liegen sie dem Mittelpunkte der Sonnenscheibe sehr nahe, so wird ihr Längenunterschied nur sehr gering sein. Der kleinste der immerhin unvermeidlichen Beobachtungsfehler, welcher die Länge einer solchen Sehne nur um ein Geringes verändert, wird dann auch eine bedeutende Änderung für den Abstand beider Sehnen zur Folge haben. Ereignet sich aber der Venusdurchgang in einer ansehnlichen Entfernung vom Mittelpunkte der Sonnenscheibe, so wird ein kleiner Irrtum in der Länge einer jener Sehnen ohne wesentlichen Einfluß auf ihren Abstand bleiben und das Endresultat also, bei den gleichen Beobachtungsfehlern wie vorher, eine bedeutend größere Genauigkeit erhalten. Ich brauche nicht erst zu sagen, daß die Ereignisse der Jahre 1761 und namentlich 1769 zu den günstigsten dieser Art gehörten, da der Unterschied zwischen der in Lappland beobachteten Dauer des Venusdurchganges und der auf Otahaiti beobachteten im letzten Jahre 23 Minuten 23 Sekunden betrug.

Schon bei dieser oberflächlichen Kenntnis des Halleyschen Vorschlages wird man es begreiflich finden, daß alle Astronomen des vorigen Jahrhunderts danach trachteten, durch den Erfolg seine Anwendbarkeit zu prüfen. Schon das erste Ereignis dieser Art, das auf dem Kap der guten Hoffnung, in Lappland und zu Tobolsk in Sibirien beobachtet wurde, bewährte aufs glänzendste die gehegten Erwartungen. Als daher die Wiederkehr desselben im Jahre 1769 bevorstand, vereinigten sich alle Nationen Europas, um zu seiner Beobachtung Astronomen an die entlegensten Teile der Erde auszusenden. Das war aber nötig, wenn man eine Ausgleichung der unvermeidlichen Beobachtungsfehler hoffen wollte. Frankreich sandte den Abbé Chappe nach Kalifornien, in Englands Auftrage gingen Cook und Green nach Otahaiti, Dymond und Wales an die Küsten der Hudsonsbai, Call nach Madras in Indien. Rußland schickte zahlreiche Astronomen nach verschiedenen Punkten Lapplands; der Wiener Astronom Pater Hell ging im Auftrage Dänemarks nach Wardöhuus, der schwedische Astronom Planmann nach Cajaneborg in Finnland. Von dem Aufsehen, welches die Beobachtung des Venusdurchgangs damals in der ganzen Welt machte, haben wir heute, wo wir an großartige Expeditionen nach allen Teilen der Erde gewöhnt sind, kaum eine Vorstellung mehr. Das Endresultat aller Beobachtungen war nach Enckes späterer Berechnung eine Sonnenparallaxe von 8″,5711 oder ein mittlerer Sonnenabstand von 20 682 329 geogr. Meilen.

Daß aber auch dieses Resultat nur als ein Näherungswert betrachtet werden durfte, habe ich schon gesagt. Zu einer weitern Berichtigung desselben waren neue Beobachtungen nötig. Wir wissen aber, wie selten das Ereignis ist,

das solche Beobachtungen gestattet; wir wissen, daß es höchstens zweimal in einem Jahrhundert eintritt, und daß die letzten Venusdurchgänge in den Jahren 1874 und 1882 eintraten. Beide Ereignisse sind durch astronomische und photographische Expeditionen fast aller Kulturvölker beobachtet worden, und besonders haben bei dem Vorübergange von 1882 die deutschen Expeditionen wichtige Erfolge erzielt. Vier verschiedene Expeditionen waren auf Kosten der deutschen Regierung ausgesandt worden, und zwar nach Hartfort (Connecticut, Nordamerika), nach Aiken (Südcarolina), nach Bahia Blanca (Argentina) und nach Punto Arenas an der Magelhaensstraße. Alle sind in zufriedenstellender Weise vom Wetter begünstigt gewesen. Hauptsächlich war es dabei auf Messungen der Position der Venus auf der Sonnenscheibe mittels des Heliometers abgesehen, und um die größtmögliche Genauigkeit zu erlangen, wurden sämtliche Expeditionen mit gleichartigen Instrumenten ausgerüstet und die Messungen in ganz gleicher Weise ausgeführt, nachdem die Beobachter selbst sich schon vorher monatelang auf den Sternwarten zu Berlin, Potsdam und Straßburg eingeübt hatten. Das ursprüngliche Prinzip der Halleyschen Methode, nämlich die genaue Beobachtung der Zeitmomente, wann die dunkle Venusscheibe den Sonnenrand zum ersten und letztenmal berührt, kam bei dem letzten Venusdurchgange erst in letzter Linie in Betracht. Man hatte sich nämlich 1874 überzeugt, daß bei jenen scheinbaren Berührungen der Venus mit dem Sonnenrande Unregelmäßigkeiten der Bilder entstehen, die auch schon im vorigen Jahrhundert wahrgenommen wurden und infolge deren die genauen Zeitpunkte der Ränderberührungen nicht hinreichend sicher aufgefaßt werden können. Die gewonnenen Resultate werden nunmehr auf lange Zeit hinaus die sichersten Werte für die Entfernung der Sonne von der Erde liefern, allein die Berechnung sämtlicher zuverlässigen Messungen nimmt mehr Zeit in Anspruch, als man denkt. Schon der Vorübergang von 1874 hat zahlreiche Berechner auf Jahre hinaus beschäftigt und die Resultate waren erst kurz vor dem Ereignisse von 1882 spruchreif. Unter diesen Umständen hat man damals von einer Publikation derselben abgesehen, um das definitive Resultat aus beiden Durchgängen abzuwarten. Von diesem läßt sich gegenwärtig nur sagen, daß sich der wahre Wert der Sonnenparallaxe höchst wahrscheinlich zwischen 8,8″ und 8,9″ herausstellen wird.

Was die allgemeinen Sichtbarkeitsverhältnisse des Durchganges von 1882 für die Erdoberfläche anbetrifft, so sind dieselben aus der nächsten Figur ersichtlich. Die Mittelpunkte der beiden Hemisphären bezeichnen die beiden Punkte der Erdoberfläche, für welche die Sonne im Augenblick des Eintrittes und des Austrittes der Venus im Scheitelpunkte stand. Jede der beiden Erscheinungen ward dort zur selben Zeit gesehen wie von einem Beobachter der sich im Erdmittelpunkte befände. Die punktierten Linien bezeichnen die Orte, für welche die Erscheinung früher oder später als für den Erdmittelpunkt eintrat. Wird der Unterschied zwischen dem Früher und Später der Erscheinung für die beiden äußersten Linien als 2 gesetzt, so geben die den Figuren beigesetzten Zahlen 0·1, 0·2 ꝛc. das Verhältnis des Unterschiedes für die Orte, die von diesen Linien geschnitten werden.

Allgemeine Sichtbarkeitsverhältnisse des Venusdurchgangs vom 6. Dezember 1882.

Von dem Mittelpunkte der Hemisphäre aus, für welchen keine Verfrühung oder Verspätung stattfindet, weichen die Augenblicke des Eintrittes der Venus in die Sonnenscheibe mehr und mehr ab, für den äußersten Punkt bis zu 13 Minuten. Das Gleiche gilt für den Moment des Austrittes der Venus, für welchen die zweite Hemisphäre in der Zeichnung gleicherweise die Verfrühung oder Verspätung gegen den für den Erdmittelpunkt geltenden Moment nachweist.

Wie ich bereits bemerkte, sind die Venusdurchgänge ziemlich seltene astronomische Ereignisse. Die Ursache dieser Seltenheit liegt, wie wir schon von den durch den Mond bewirkten Finsternissen her wissen, in der Neigung der Bahnebene der Venus gegen die Bahnebene der Erde. Bewegte sich die Venus in der Ebene der Ekliptik, so müßte sie in jeder unteren Konjunktion vor der Sonne erscheinen. Aber die Bahn der Venus ist um 3° 24′ gegen die Ebene der Ekliptik geneigt, und so wird die Venus meistenteils zur Zeit ihrer Konjunktion ober- oder unterhalb der Sonne stehen. Nur wenn sie sich in der Nähe eines der Knoten ihrer Bahn, also in der Nähe der Ekliptik befindet, kann sie vor der Sonnenscheibe sichtbar werden. Vergleichen wir nun diese Umläufe der Venus und der Erde, so ergibt sich, daß 8 Umläufe der Erde nahezu 13 Umläufen der Venus und ebenso wieder 235 Umläufe der Erde 382 Umläufen der Venus gleich sind. Ist also einmal die Venus in der Nähe eines ihrer Knoten vor der Sonnenscheibe erschienen, so kann dieser Durchgang nach 8 Jahren wiederkehren, dann aber erst nach Verlauf von 235 Jahren sich wieder ereignen. Dasselbe gilt natürlich auch für den zweiten Knoten der Venusbahn, und wir sehen daraus, daß ein Venusdurchgang sich nur viermal im Verlaufe von 243 Jahren, also höchstens zweimal in einem Jahrhundert ereignen kann.

Lauf der Venus vor der Sonnenscheibe beim Vorübergange von 1882.

Man wird sich nun um so mehr wundern, daß man nicht die ungleich häufigeren Merkurdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe benutzt hat. Aber wir müssen uns an einen früher gebrauchten Vergleich erinnern. Der Merkur würde nicht das leisten, was ich als eine Art von mikroskopischer Vergrößerung der Sonnenparallaxe bezeichnete. Denn Merkur steht nahezu in der Mitte zwischen Sonne und Erde, jener etwas näher, und der Abstand der Sehnen, welche der Merkur für zwei um den ganzen Erddurchmesser getrennte Beobachter auf der Sonnenscheibe zu durchlaufen scheint, muß darum noch kleiner sein als die Sonnenparallaxe selbst.

Daß auch die Größen der Weltkörper durch ihre Parallaxen uns erschlossen werden, versteht sich von selbst. Wir kennen ja durch die Parallaxe den scheinbaren

Durchmesser der Erdscheibe, wie sie von der Sonne aus erblickt werden würde; er beträgt 17″,8. Wir kennen aber auch durch genaue Mikrometermessungen den mittleren Durchmesser, den die Sonnenscheibe unserm Anblick bietet; er mißt 32′.

Scheinbare Größe der Sonnenscheibe von den verschiedenen Planeten aus gesehen.

Wir ersehen daraus, daß der wirkliche Durchmesser des Sonnenkörpers den unsrer Erde in runder Zahl 110mal übertrifft, also 190 000 geographische Meilen mißt; und daraus folgt, daß an Rauminhalt der Sonnenkörper in rundem Betrage etwa 1 300 000mal unsern Erdball übertrifft.

So haben wir, getragen von dem wissenschaftlichen Gedanken, den ungeheueren Raum zur Sonne zurückgelegt. Vor uns schwebt der Riesenball, vor dem unsre Erde zu einem Punkte schwindet, gegen den selbst die Riesenplaneten, denen wir auf späteren Wegen begegnen werden, wie Spielbälle erscheinen. In 400mal weiterer Ferne als der Mond schwebt er, und wenn auch seine ungeheuere Größe trotz dieser Ferne seine Scheibe uns kaum größer als die Mondscheibe erscheinen läßt, so können wir ermessen, daß auch der Scharfblick des Astronomen in solcher Ferne nicht allzuviel auszurichten vermag. Eine 400malige Vergrößerung würde selbst bei der vollkommensten Schärfe der Bilder ihn eine Sonnenlandschaft doch nur so erblicken lassen, wie das bloße Auge den Mond erschaut. Und wenn wir nun erfahren, daß die Astronomen sogar selten imstande sind, stärkere Vergrößerungen als 150—200malige zur Beobachtung der Sonne anzuwenden, so werden wir uns zunächst nicht viel von den Aufschlüssen der Wissenschaft über die Natur der Sonnenoberfläche versprechen.

Und dennoch ist die Wissenschaft in dieser Beziehung zu Ergebnissen gekommen, die geradezu bewundernswürdig sind, besonders wenn man erwägt, daß sie von Menschen erlangt wurden, die niemals den engen kleinen Erdball verlassen haben, die sich nie auch nur 2 Meilen hoch in die Lüfte zu erheben vermögen!

Wenden wir uns jetzt der Sonne zu, aber stürzen wir uns nicht ohne weiteres in das blendende Lichtmeer dieser unbekannten Welt. Denken wir an das Schicksal jener reizenden Semele der griechischen Sage, die von dem Götterglanz ihres Geliebten vernichtet ward. Auch das irdische Auge bedarf eines Schutzes, wenn es straflos sich jenem Glanze nahen soll. Vergessen wir nicht, daß das Sonnenlicht 619 000mal das Licht des Vollmondes überstrahlt. Lassen wir also Vorsichtsmaßregeln treffen, bevor unser irdisches Auge in die Geheimnisse des Sonnenkörpers einzudringen unternimmt.

Schon ehe die Erfindung der Fernrohre den Weg des Lichtes vom Auge zur Sonne abkürzen gelehrt hatte, waren die Astronomen auf Mittel bedacht gewesen, die Sonne zu betrachten, ohne vollständig geblendet zu werden. Einige ließen das Sonnenbild von einer Wasserfläche oder von irgend einem andern in geringem Grade reflektierenden Spiegel zurückstrahlen; andre wandten eine Art von Camera obscura an, durch deren kleine Öffnung sie das Sonnenbild auf einem weißen Papier auffingen. Im 16. Jahrhundert begann man die Sonne durch eine Verbindung von verschieden gefärbten Gläsern zu betrachten, aber erst zu Anfang des 17. Jahrhunderts kamen diese gefärbten Gläser auch in Verbindung mit Fernrohren in Gebrauch. Es ist wahrhaft zu verwundern, daß ein Astronom wie Galilei sich dieses einfachen Verfahrens nicht bediente und so in ein unheilbares Augenleiden fiel. Vermutlich hätte ihn das Verfahren vor der völligen Blindheit bewahrt, die ihn in seinen letzten Lebensjahren ereilte. Heutzutage bedienen sich die Freunde der astronomischen Beobachtung bei Betrachtung der Sonne fast allgemein eines sogenannten Blendglases, d. h. eines mit roter, gelber, grüner, oder violetter Farbe gesättigten und darum nur wenig durchsichtigen Planglases, das vor dem Okular des Fernrohres festgeschraubt wird.

Sonne und Planeten in ihrem wahren Größenverhältnisse zu einander.

Die Sonnenscheibe erscheint hierbei hell, aber strahlenlos und gefärbt, ohne das Auge zu verletzen. Daß die Wahl der Färbung, welche man diesen Blendgläsern gibt, von großer Wichtigkeit ist, versteht sich von selbst. Wendet man rote Gläser an, so lassen diese, selbst wenn sie das Sonnenlicht in hinreichendem Grade schwächen, um es ohne Beschwerde ertragen zu können, doch eine große Menge Wärmestrahlen hindurch, die gleichfalls dem Auge des Beobachters gefährlich werden können. Wendet man grüne Gläser an, so halten diese zwar die Wärme zum größten Teile ab, aber sie müssen eine übermäßige Dicke besitzen, um nicht das Licht in einer gefahrdrohenden Intensität durchzulassen. Auch die Stellung, welche man dem Blendglase anweist, ist nicht gleichgültig. Wenn es, wie gewöhnlich, vor dem Okular des Fernrohres angebracht ist, so leidet zwar die Reinheit des im Brennpunkt erzeugten Bildes nicht im geringsten, aber die Lichtstrahlen, welche aus dem Okular austreten und durch das gefärbte Glas gehen, sind in solchem Grade konzentriert, daß ihre intensive Wärmewirkung oft eine plötzliche Ausdehnung, selbst ein Springen der Gläser verursacht, mindestens ihre Politur verdirbt. Man könnte nun zwar das Blendglas zwischen Okular und Objektiv anbringen; aber dann würden wieder die Fehler und Streifen der gefärbten Gläser, durch das Okular vergrößert, die Schärfe der Bilder beeinträchtigen. Wir sehen also, Schwierigkeiten, ja selbst Gefahren bleiben immer mit den Sonnenbeobachtungen verknüpft. Bekommen nun gar die Blendgläser während des Beobachtens Sprünge, so gelangt augenblicklich ein unerträglich heller Sonnenblitz in das Auge, das man schnell abwenden muß. Hat man vielleicht, während ein Wolkenflor die Sonne verhüllte, das Blendglas für einen Augenblick zu entfernen gewagt und die Sonne wird nun plötzlich frei, so trifft wieder das Auge die gefährliche Blendung. Leider übertreibe ich die Gefahren nicht. Selbst einige Astronomen, die sich mit der Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Sonne beschäftigten, sind blind geworden, weil sie entweder die nötige Vorsicht außer Acht gelassen oder von ihren Vorkehrmitteln im Stich gelassen wurden. In der jüngsten Zeit hat man endlich Mittel und Wege gefunden, die Beobachtung der Sonne weniger gefahrvoll und anstrengend zu machen. Es gelang dies durch Anwendung besonderer helioskopischer Okulare. Porro hat zuerst ein solches vorgeschlagen, welches auf der Reflektion und Polarisation des Lichtes beruht. Merz hat dasselbe verbessert, so daß man nach Belieben jeden gewünschten Grad der Helligkeit des Sonnenbildes sehr schnell erlangen kann, und diese sogenannten polarisierenden Sonnenokulare werden bei den großen Refraktoren heutzutage ausschließlich angewandt. Dove hat die Anwendung chemisch versilberter Glasspiegel für die Sonnenbeobachtung empfohlen und Foucault Fernrohrobjektive nach einem von Liebig erfundenen Verfahren mit dünner Silberschicht überzogen, wodurch sie die Sonne als scharfe, blaue, mattglänzende Scheibe erscheinen lassen; indessen ist infolge dieser Versilberung ein Objektiv nur noch zu Sonnenbeobachtungen brauchbar und außerdem läßt sich die übrigbleibende Helligkeit des Sonnenbildes nicht mehr nach dem Luftzustande und dem Auge des Beobachters ändern, daher denn das Foucaultsche Verfahren nur sehr selten angewendet wird

In rein optischer Beziehung dürfen wir unsre Erwartung in betreff der wissenschaftlichen Kunde von der Natur der Sonnenoberfläche nicht zu hoch spannen. Wir haben hier nicht, wie auf dem Monde, eine dunkle Fläche vor uns, deren Einzelheiten durch die Beleuchtung hervorgehoben und zu einer Landschaft gestaltet werden könnten. Wir haben es umgekehrt mit einer lichtspendenden Fläche zu thun, auf der wir uns gewissermaßen nur von Verdunkelungen Aufschlüsse versprechen können. Denn auf der Sonne ist das Licht für unser Auge eine verdeckende Hülle, durch deren Lücken die Geheimnisse hervorlugen. Nähern wir uns nun diesem Lichtball, so weit wir es überhaupt wagen dürfen, so erblicken wir eine Fläche von keineswegs ganz gleichförmigem Glanze. Die ganze Sonnenoberfläche erscheint mit zahllosen kleinen Unebenheiten besetzt, gleichsam marmoriert oder geädert, wie die Schale einer Orange. Mitten in diesem glänzenden Lichtgeäder aber werden uns einige dunkle, braungraue oder schwarze Flecken von unregelmäßiger Gestalt und größerer oder geringerer Ausdehnung auffallen. Wenn wir mehrere Tage hintereinander unsre Beobachtungen wiederholen, so werden wir diese Flecken, die uns zuerst am östlichen Rande erschienen, allmählich nach dem Mittelpunkte der Scheibe vorrücken, an diesem vorüberziehen und endlich am westlichen Rande verschwinden sehen. Ja nach einiger Zeit werden sich dieselben Flecken vielleicht am östlichen Rande abermals zeigen, um wiederum ihren Lauf über die Sonnenscheibe zu vollenden. Man könnte dabei im ersten Augenblicke wohl an dunkle Körper denken, die sich um die Sonne bewegen. Dagegen spricht freilich schon, daß solche Flecken oft plötzlich mitten auf der Sonnenscheibe entstehen oder verschwinden, oder ihre Größe und Form mannigfach verändern. Dagegen spricht ferner, daß, wenn solche Flecken mehrmals wiederkehren, die Zeit ihrer Sichtbarkeit der Dauer ihrer Abwesenheit genau gleich ist, was doch nie bei einem einigermaßen entfernt um die Sonne kreisenden Körper der Fall sein könnte. Haben wir vollends einmal Gelegenheit gehabt, zur Zeit einer Sonnenfinsternis oder eines Merkurdurchganges die Nachtseiten solcher vorüberziehenden Himmelskörper unmittelbar mit Sonnenflecken zu vergleichen, so werden wir unmöglich noch diese dann hell lichtbraun erscheinenden Flecke mit wirklichen dunklen Körpern verwechseln können.

Man wird zugeben, daß hier in der That gar nichts andres übrig bleibt, als die Annahme, daß die Sonnenflecken auf der Sonnenoberfläche selbst haften, und daß die erwähnten Veränderungen ihrer Erscheinung nur durch eine rotierende Bewegung des Sonnenkörpers um sich selbst bewirkt werden können. Schon jene gleiche Dauer der Zeiten, während welcher ein Sonnenfleck abwechselnd sichtbar und unsichtbar ist, läßt keine andre Erklärung zu. Aber aus dieser Annahme werden uns neue wichtige Schlußfolgerungen hervorgehen. Eine der ersten ist die Kugelgestalt der Sonne. Lassen wir diese einmal ohne weiteres gelten. Jeder Sonnenfleck wird dann, wenn er infolge der Sonnenrotation von der abgewandten Sonnenhälfte auf die uns zugewandte Seite übergeht, anfangs einen gegen unsre Gesichtslinie sehr schief gerichteten Bogen beschreiben, und da wir diesen Bogen in der Verkürzung sehen, so muß der Sonnenflecken uns fast unbeweglich erscheinen.

Wenn dann die Drehung weiter fortschreitet, so muß auch die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Sonnenfleck zu bewegen scheint, zunehmen, bis die Mittellinie überschritten ist, und nun wieder ebenso eine Verlangsamung der scheinbaren Bewegung erfolgt. Auch die Gestalt des Sonnenfleckens muß mit der Lage wechseln, die er auf der Sonnenscheibe einnimmt. Nur im Mittelpunkt dieser Scheibe kann er seine wahre Gestalt zeigen; je näher den Sonnenrändern, um so mehr muß er sich der schiefen Richtung wegen, in der er sich uns darstellt, verschmälern.

Scheinbare Bewegung der Sonnenflecken.

Aber nicht die Thatsache der Sonnenrotation allein folgt aus dieser Erklärung der Sonnenflecken, auch die Messung ihrer Geschwindigkeit und der Lage des Sonnenäquators, wie der Neigung der Achse gegen die Ebene unsrer Erdbahn ist dadurch bedingt. Wenn man nämlich solche Sonnenflecken auf ihrem Laufe über die Sonnenscheibe eine hinreichend lange Zeit hindurch verfolgt — und es gibt deren, die monatelang in ihrer Sichtbarkeit verharren — so findet man, daß sie ziemlich regelmäßig nach Ablauf von $27\frac{1}{2}$ Tagen dieselbe Lage wieder einnehmen, in der sie anfangs gesehen wurden. Dieser Zeitraum entspricht nun allerdings noch nicht der Dauer einer Sonnenrotation selbst. Wir müssen bedenken, daß sich auch die Erde in dieser Zeit bereits ein beträchtliches Stück auf ihrer Bahn fortbewegt hat, daß wir also den Mittelpunkt der Sonne nicht mehr in derselben Richtung wie früher sehen. Der Punkt, welcher jetzt den Mittelpunkt der Sonnenscheibe bildet, wird vielmehr um denselben Kreisbogen von dem früheren entfernt sein, welchen die Erde in ihrer Bahn durchlaufen hat. Wir sehen dies deutlich aus nebenstehender Figur. Nehmen wir an, es sei a ein Sonnenfleck, den der Beobachter von der Erde T aus auf der Mitte der Sonnenscheibe erblickt. Wenn dieser Fleck eine ganze Umdrehung der Sonne vollendet hat, so wird er natürlich wieder in a sein; da aber mittlerweile die Erde von T nach T' gerückt ist, so erscheint er von dieser aus gesehen nicht mehr auf der Mitte der Sonnenscheibe, sondern er muß bis dahin noch den Bogen aa' durchlaufen. Die wahre Umdrehungszeit ist also kleiner als die scheinbare, und zwar nahe um etwa $^1/_{13}$.

Bestimmung der wahren Rotationsdauer der Sonne durch Beobachtung der scheinbaren Bewegung eines Sonnenflecks.

Gruppe von Sonnenflecken, beobachtet am 5. Juni 1864 von Nasmyth.

Bahnen der Sonnenflecken auf der Sonnenscheibe.

Die Sonne hat also in $27^1/_2$ Tagen nicht allein eine ganze Rotation vollendet, sondern diese sogar noch um ihren dreizehnten Teil überschritten, und die Zeit, welche sie für diesen Überschuß aufgewandt hat, wird ungefähr zwei Tage messen.

Veränderung eines Sonnenfleckens nach Zeichnungen von Howlet und Chacornac.

Die wirkliche Dauer einer Sonnenrotation ist daher auf etwa $25^1/_2$ Tage festzusetzen. Natürlich ist auch das nur eine annähernde Zahl, da sie aus zahlreichen Beobachtungen von Sonnenflecken hervorgegangen ist, die keineswegs eine volle

Übereinstimmung zeigen. Ob weitere Beobachtungen in Verbindung mit sonstigen Erscheinungen zu genaueren Ergebnissen führen werden, haben wir abzuwarten.

Wir haben hier überdies dieselbe Erscheinung, die dem Weltumsegler entgegentritt, wenn er bei seiner Rückkehr in die Heimat einen Tag in seinem Kalender weniger zählt, als die Sonne am Himmel gemessen hat. Auch hier gewahren wir scheinbar nur 13 Rotationen der Sonne in einem Jahre, während sie in Wirklichkeit doch 14 vollendet hat. Aus der Richtung, welche die Sonnenflecken auf ihrem Wege über die Sonnenscheibe nehmen, läßt sich natürlich auch die Lage des Sonnenäquators bestimmen. Man hat seine Neigung gegen die Erdbahn ungefähr zu $7^1/_4$ Grad gefunden. In der Figur Seite 220 sind die Wege durch Linien angedeutet, welche die Sonnenflecke in den verschiedenen Zeiten des Jahres für unsern Anblick auf der Sonnenscheibe beschreiben. Wir ersehen unmittelbar aus den Zeichnungen, wie man aus diesen Bewegungen auf die Lage des Sonnenäquators und der Sonnenpole schließen kann.

Fleck mit Fackeln am Sonnenrande, beobachtet am 14. März 1866 v. Secchi.

Sonnenfleck, beobachtet am 30. Juli 1865 von Secchi.

Es bleibt uns jetzt noch eine höchst wichtige Aufgabe zu erfüllen. Wenn die Sonnenflecken wirklich der Sonnenoberfläche selbst angehören, so muß ihre Beobachtung auch zu Aufschlüssen über die Naturbeschaffenheit der Sonne führen. Mit der Frage, wie weit diese Beobachtung vorgeschritten ist, und welche Vorstellung wir uns von dem eigentlichen Wesen dieser Flecken machen sollen, sind wir gleich vor einem der schwierigsten Probleme der beobachtenden Astronomie. Im allgemeinen kann man die Sonnenflecken charakterisieren als unregelmäßige, scheinbar dunkle, aber keineswegs schwarze

Massen, die sehr häufig in Gruppen auftreten und in vielen Fällen von helleren Säumen umgeben sind, welche Penumbren oder Höfe genannt werden. Die Kernflecken sind von tiefschwarzer Farbe und doch nicht so dunkel wie ein Körper, der vor der Sonne vorübergehend uns seine Nachtseite zukehrt. Die Höfe zeigen bei schwacher Vergrößerung ein gleichförmiges Licht, und gegen den Kern hin scheinen sie meist etwas heller zu leuchten. Nur in seltenen Fällen erscheint ein Kern ohne Hof, oder ein Hof ohne dunklen Kern. Wenn wir einige Tage hintereinander einen solchen Sonnenfleck beobachten wollten, so würden wir bald finden, daß er Veränderungen in seinen Umrissen zeigt, die nicht aus der bloßen Sonnenrotation und dadurch veränderten Beziehungen zu unsrer Gesichtslinie zu erklären sind. Wir würden ihn meist zugleich sich verkleinern und wohl gar verschwinden sehen, ehe er noch den Rand der Sonnenscheibe erreicht hat, während zu gleicher Zeit andre auftauchen an Stellen der Sonnenfläche, die vorher völlig rein von jedem Fleck erschienen. Alle diese Veränderungen gehen zum Teil mit großer Langsamkeit, bisweilen aber auch mit einer überraschenden Schnelligkeit vor sich und erstrecken sich oft über Räume von ungeheuern Dimensionen, die mehrmals die ganze Oberfläche unsrer Erde übertreffen. In der Abbildung S. 220 sieht man im einzelnen die Veränderungen, welche ein von Howlet und Chacornac untersuchter Sonnenfleck in dem Zeitraume von drei Tagen erlitt. — Dazu kommen noch jene auffallend hellglänzenden Sonnenfackeln, die meist in der Nähe der Sonnenflecken erscheinen und gleich aufgetürmten Lichtmassen aus der hellen Sonnenscheibe hervorblitzen. — Die Entstehung neuer Sonnenflecken ist in bezug auf die dazu nötige Dauer sehr ungleich. Bisweilen geht ihr das Auftreten von Fackeln vorauf; überhaupt scheint in dem Lichtmeere oder der Photosphäre der Sonne eine gewisse Erregung stattzufinden. Secchi war Ende Juli 1865 Zeuge der Entstehung eines Sonnenfleckes, dessen mittlerer Durchmesser $4^1/_2$ mal dem Erddurchmesser gleichkam. Schon die Zeichnung, welche dieser Astronom von dem Flecke gibt und die uns S. 221 vorliegt, zeigt uns die gewaltige Aufregung, welche damals in der Sonnenphotosphäre herrschte. „In der Mitte des Fleckes“, sagt Secchi, „sahen wir eine Anhäufung leuchtender Materie, welche sich in wirbelnder Bewegung zu befinden schien und von zahlreichen Rissen umgeben war. Inmitten

Sonnenfleck, beobachtet am 31. Juli 1865 von Secchi.

dieses Chaos ließen sich vier Hauptzentra der Bewegung unterscheiden. Links bei a zeigte sich eine weite klaffende Öffnung, um welche feurige Zungen in verschiedenen Richtungen herumwirbelten; mitten in dieser unterschied man deutlich halbhelle Schleier, welche um eine noch schwärzere Höhlung herum gelagert waren. In dem oberen Teile bei b fand sich ein zweites Zentrum, kleiner als das erste, welches an seinem oberen Rande scharf begrenzt war, in dem unteren Teile aber, ähnlich wie der vorige, sehr viele kleine Feuerzungen zeigte. Rechts in c klaffte ungefähr in der Form eines S eine breite Spalte, die mit feurigen Zungen und mit losgerissenen Streifen leuchtender Materie durchzogen vor. Endlich war unten in der Höhe von d eine andre langgezogene und gekrümmte Spalte vorhanden, welche dem Auge ein Wirrwarr darbot, das jeder Beschreibung spottete. Zwischen diesen vier Höhlen fand sich eine Anhäufung von Fackeln und leuchtender Materie, welche den Anblick einer im Kochen begriffenen Masse darbot. Alles befand sich in diesem Fleck in einer äußerst stürmischen und schnellen Bewegung.

Sonnenfleck, beobachtet und gezeichnet von Secchi am 16. Juli 1866.

Die Zeichnung wurde so schnell als möglich angefertigt, aber sie war noch nicht fertig, als der erstere Teil schon eine ganz andre Gestalt angenommen hatte." Wie schnell diese Änderungen von statten gingen, davon gibt uns die Figur S. 222 eine Vorstellung, welche denselben Fleck nach Verlauf eines Tages darstellt. Wir dürfen dabei nicht vergessen, daß die größte Länge des Fleckes fast fünfmal den Durchmesser der Erde übertrifft! — In manchen Fällen zeigt sich die Penumbra übersäet mit kleinen dunklen Punkten oder Flecken, die mehr oder weniger eine gegen den Mittelpunkt gerichtete Lage besitzen, gleichsam als wenn von allen Seiten heftige Strömungen dorthin stattfänden. Ein solcher Fleck ist am 16. Juli 1866 von Secchi gezeichnet worden.

Die Veränderlichkeit der Sonnenflecke ist außerordentlich groß; wenn man gute Ferngläser und hinreichende Vergrößerungen anwenden kann, so sieht man,

daß bei den großen Flecken unaufhörliche Veränderungen, Auflösungen und Neubildungen stattfinden. Dadurch ändert sich selbst für schwache Vergrößerungen das Ansehen ganzer Fleckengruppen, wenn sie nach Ablauf einer Rotation wiederkehren.

Der Veränderlichkeit in bezug auf die individuelle Erscheinung entspricht die Veränderlichkeit der Flecken in bezug auf ihre Zahl und Größe. Tag für Tag ändert sich die Fleckenmenge der Sonnenscheibe, aber wenn man jahrelang die Sonne aufmerksam untersucht, so findet sich, daß doch im Auftreten der Sonnenflecken ein gewisses Gesetz obwaltet. Es ist das Verdienst eines Freundes der astronomischen Wissenschaft, H. Schwabe, in Dessau durch Jahre hindurch unermüdlich fortgesetzte Beobachtung der Sonnenflecke zuerst erkannt zu haben, daß diese in bezug auf Zahl und Ausbildung eine über eine Reihe von Jahren ausgedehnte Periode ihres Auftretens zeigen. Später hat R. Wolf in Zürich durch Zusammenstellung alles überhaupt vorhandene Materials gezeigt, daß diese Periode der Sonnenflecken eine Dauer von $11^1/_9$ Jahre besitzt. Die Jahre 1829, 1837, 1848, 1860 waren durch zahlreiche Sonnenflecken ausgezeichnet, die Jahre 1823, 1833, 1844, 1856, 1867 wiesen dagegen sehr wenig Sonnenflecken auf. Die Dauer dieser Fleckenperiode ist jedoch nicht stets gleich, sondern wechselt zwischen 9 und 14 Jahren, sie deutet auf eine größere Generalperiode, die etwa sechs kürzere Perioden von durchschnittlich je 11 Jahren umfaßt.

Unter die aufmerksamsten Sonnenbeobachter der Neuzeit gehört der Engländer R. C. Carrington. Er hat besonders die Veränderungen in der Verteilung der Flecke über die Sonnenoberfläche während der elfjährigen Periode beachtet und darüber sehr instruktive Tabellen gegeben. Wir sehen S. 225 die Reproduktion einer solchen Tabelle und erkennen daraus auf den ersten Blick die ungleiche Häufigkeit der Sonnenflecke in den verschiedenen Jahren und ihr zahlreiches Auftreten zwischen den Zonen 10° und 30° nördlicher und südlicher Breite auf der Sonne. Einen neuen Aufschwung hat die Beobachtung der Sonnenflecke durch Prof. Spörer erhalten, der zuerst in Anklam, später auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam diesen Gegenstand mit Ausdauer verfolgt. Auch N. v. Konkoly läßt auf seiner prächtigen Privatsternwarte zu O-Gyalla bei Komorn in Ungarn schon seit Jahren die Sonnenflecke regelmäßig beobachten.

Bei der Frage nach der Natur der Sonnenflecken hat man schon früh einer Beobachtung große Wichtigkeit beigelegt, welche zuerst von Wilson genauer diskutiert worden ist. Diese Wahrnehmung besteht darin, daß die Penumbra großer Flecke sich sehr häufig, aber, wie man heute weiß, keineswegs immer, an der dem Sonnenmittelpunkte zugewandten Seite verschmälert, sobald der Fleck selbst sich dem Sonnenrande nähert. Infolge dieser Beobachtung sah sich William Herschel im Jahre 1779 veranlaßt, eine Umhüllung der Sonne von ganz eigentümlicher Art anzunehmen. Zunächst dachte er sich den festen dunklen Sonnenkörper nach allen Seiten hin umgeben von einer gasförmigen, durchsichtigen Atmosphäre, ähnlich unsrer irdischen. Aber innerhalb dieser allgemeinen Atmosphäre nahm er zwei davon wesentlich verschiedene Schichten an, die

er als von lockerem Zusammenhange, wolkenähnlich, beschreibt, die eine, äußere, außerordentlich leuchtend, die eigentliche Lichthülle oder Photosphäre der Sonne, die andre darunter dunkel oder doch nur durch Reflex schwach erleuchtet.

Die Häufigkeit der Sonnenflecken unter verschiedenen heliographischen Breiten, von 1854 bis 1861. Nach Carrington.

Wir können uns bereits im voraus denken, wie sich die Erscheinung der Sonnenflecken aus dieser Annahme erklärt. Lassen wir durch irgend welches stürmische Ereignis in den beiden wolkigen Schichten einen Riß, eine Öffnung entstehen, ähnlich etwa den Aufklärungen in unsrer irdischen Wolkenhülle, so

wird das Auge des Beobachters durch diese Öffnungen hindurch sowohl ein Stück der dunklen Sonnenfläche, als rings um dieses einen Teil der schwach erleuchteten unteren Wolkenschicht erblicken. Da haben wir Kern und Hof des Sonnenfleckes! Nun werden wir uns auch mit Leichtigkeit erklären können, warum bei der Annäherung an den Sonnenrand der nach der Mitte der Scheibe gerichtete Teil des Hofes früher verschwindet als der entgegengesetzte. Wegen der schiefen Richtung, in welcher wir in diese Öffnung blicken, tritt allmählich im Osten der Rand der äußeren Hülle verdeckend über den Rand der inneren hervor, während im Westen uns diese Ränder noch frei entgegentreten.

Ansicht eines Apparates zum Photographieren des Sonnenspektrums.

Man kann sich denken, wie vielfach die Astronomen sich in Mutmaßungen über die Natur jener Vorgänge in der Sonnenatmosphäre erschöpften, welche das Zerreißen jenes doppelten Wolkenschleiers oft auf so ungeheuere Strecken zur Folge haben. Herschel selbst hat eine Lösung dieses Problems versucht, aber sie beruht weder auf Thatsachen, noch erschöpft sie die Erscheinungen. Von dem Sonnenkörper selbst, sagt er, steigen zuweilen gewaltige Gasmassen auf, ähnlich den Dämpfen, welche wir unsern Vulkanen entsteigen sehen. Wenn diese Gasmassen nun in die Sonnenatmosphäre sich erheben, so brechen sie sich durch jene Wolkenschichten gewaltsam Bahn, und die dadurch erzeugten Öffnungen werden natürlich um so breiter, je mehr das Gas sich infolge des verminderten Druckes in der Höhe ausdehnt und verbreitet. Daraus erklärt sich, daß die Öffnungen in der oberen eigentümlichen Lichthülle gewöhnlich breiter sind als in der unteren dunklen und uns daher beträchtliche Teile der letzteren als Höfe sichtbar werden lassen. Man muß zugeben, daß diese Erklärung Herschels sehr sinnreich

ist, und die berühmtesten Astronomen haben sie jahrelang angenommen. Leider klebt ihr nur der eine Fehler an, daß sie physikalisch ganz unzulässig ist. In der That müßte es eine seltsame Wolkenschicht sein, welche die ungeheuere Glutmasse, die von der Sonnenumhüllung ausstrahlt, so vollständig absorbierte, daß auch kein Strahl auf den inneren, kalten Sonnenkern fiele, trotzdem die Flecke Gelegenheit genug bieten, um auch der dunklen Sonnenoberfläche Hitze zuzuführen. Nun steht aber durch zuverlässige Messungen fest, daß die Sonne jährlich so viel Wärme ausstrahlt, als der Verbrennungswärme von 90 Kugeln gleichkommt, wenn deren jede der Erdkugel an Größe gleich wäre und aus bester Steinkohle bestände.

Kirchhoffs gezeichnetes Spektrum.

Rutherfurds Photographie des Spektrums.

Daher muß man zugeben, daß es physikalisch unzulässig ist, eine Wolkenschicht anzunehmen, welche, unmittelbar unter jenem Glutsitze der Sonne befindlich, seit Myriaden von Jahren die Sonnenstrahlen dieser Hülle abhalten soll, auf den Sonnenkörper selbst zu fallen. Nehmen wir aber diese schützende Wolkendecke nicht an, so fällt die Herschelsche Theorie in sich selbst zusammen und der eigentliche Sonnenkörper kann nicht dunkel und auch nicht fest sein.

Es ist das große Verdienst von Kirchhoff in Heidelberg, durch die von ihm im Vereine mit Bunsen begründete Spektralanalyse an Stelle der bis dahin allgemein gültigen Herschelschen Sonnentheorie eine neue, richtigere Lehre aufgestellt zu haben. Aus der Theorie der Spektralanalyse folgerte der Heidelberger Physiker, daß der eigentliche Sonnenkörper sich im höchsten Stadium der Glut befindet und dabei von einer weniger heißen Hülle umgeben ist, die indes noch immer eine Temperatur von solcher Höhe besitzt, daß zahlreiche auf der Erde vorkommende Körper sich in ihr als glühende Gase befinden. Von solchen Körpern nenne ich hier Wasserstoff, Natrium, Eisen, Calcium, Chrom, Kobalt, Nickel, Kupfer, Titan, Zink. Das Prinzip, auf welches sich dieser Nachweis stützt, habe ich schon im Anfange meiner Darstellungen auseinander gesetzt. Nachdem dieses Prinzip einmal bekannt geworden, kam es hauptsächlich darauf an, möglichst vollständige und genaue Darstellungen des Spektrums der Sonne

mit seinen dunklen Linien zu erhalten. Auch dieser Arbeit hat sich Kirchhoff gewidmet und die Lagen von mehr als 2000 dunklen Spektrallinien genau bestimmt. Später ist sogar Rutherfurd in New York dazu übergegangen, das Sonnenspektrum samt seinen Absorptionslinien direkt zu photographieren, und er hat dabei überraschend genaue und scharfe Ergebnisse erhalten. Wir sehen vorstehend (S. 226) die Abbildung eines Apparates, der zur Photographie des Sonnenspektrums dient, und werden nach dem, was ich schon früher bereits mitteilte, die Bedeutung seiner einzelnen Teile leicht begreifen.

Um ferner die Übereinstimmung zu zeigen zwischen dem von Kirchhoff gezeichneten und dem direkt photographierten Spektrum, habe ich identische Teile von beiden nachbilden und untereinander setzen lassen. Wir sehen (S. 227), wie jede Linie des oberen, gezeichneten Spektrums mit dem unteren, photographierten übereinstimmt. Auf Grund seiner durch das Spektroskop gewonnenen Anschauungen, erklärte Kirchhoff die Herschelsche Theorie der Sonne für unrichtig und besonders die derselben entsprechende Hypothese von der Natur der Sonnenflecken für völlig unzulässig. Nach Kirchhoff sind die Sonnenflecken Wolkenmassen, die in der gasförmigen Sonnenatmosphäre schwimmen. Professor Spörer, wie wir bereits wissen, einer der fleißigsten Sonnenbeobachter, ist ungefähr derselben Ansicht. Er hält die glänzenden Fackelflächen für die heißeren Stellen der Sonnenoberfläche und folgert hieraus, daß über ihnen aufsteigende Luftströmungen stattfinden müssen und daß infolgedessen von allen Seiten Luft nach diesen heißeren Stellen hinströmt. Die aufsteigende Strömung muß nun in einer gewissen Höhe Abkühlungsprodukte erzeugen, während die seitlichen Zuströmungen eine größere Verdichtung derselben bewirken und sie uns als Wolke sichtbar machen. Anderseits veranlaßt die Temperaturverminderung oberhalb einer solchen Wolke ein Niedersinken der höheren Luftschichten und dadurch wiederum Vergrößerung der Wolkenbildung. Eine ähnliche Theorie der Sonnenflecke hat Zöllner aufgestellt, doch denkt er mehr an konsistentere Stoffe, an Schlackenmassen, die auf der eigentlichen Sonnenoberfläche schwimmen.

Photographisches Bild der Korona und der Protuberanzen bei der totalen Finsternis von 1860, aufgenommen von Secchi.

Wunder der Sternenwelt. 3. Aufl. Lith. Kunst-Anst. v. Aug. Kürth, Leipzig. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Protuberanzen der Sonne
beobachtet bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsterniss am 17. Mai 1882
in Aegypten.

Wir verdanken diese richtigeren Anschauungen über die physikalischen Zustände des Sonnenballes, wie ich bereits hervorhob, lediglich der Spektralanalyse. Dieselbe hat aber auch noch in andrer Beziehung unser Wissen von der Sonne wertvoll erweitert.

Schon vor Jahrhunderten hat man die Beobachtung gemacht, daß bei totalen Sonnenfinsternissen, sobald der Mond die ganze Sonnenscheibe bedeckt, ein leuchtender und strahlender Ring um die Sonne sichtbar wird, dem man den bezeichnenden Namen Korona gegeben hat. Diese Korona bildet sicherlich den äußersten Teil der Sonnenumhüllung; aber es ist noch ungewiß wie sie sonst beschaffen ist. Wasserstoff und eine unbekannte Substanz, welche eine grünblaue Spektrallinie liefert, spielen in ihr eine wichtige Rolle, auch hat sich gefunden, daß die Ursache, welche die periodische Veränderung und die Häufigkeit der Sonnenflecke bedingt, auch das Aussehen der Korona verändert. Nach Professor Schuster müßte man sich die Korona vorstellen als einen ungeheuren Regen von Meteoren, die aus allen Richtungen auf die Sonne zustürzen und dabei in Glut geraten. Ein derartiges Herabstürzen kosmischer Materie auf die Sonne findet sicherlich statt, aber daß die Korona nur allein der Reflex dieses glühenden Regens sei, ist mir nicht sehr wahrscheinlich.

Protuberanzen der Sonne, beobachtet während der totalen Finsternis vom 18. August 1868.

Am Grunde der Korona, also scheinbar von der Oberfläche des Mondes, in Wirklichkeit aber von der Oberfläche der dahinter befindlichen Sonne, aufsteigend, erblickte man bei der totalen Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842 rote zungen- oder flammenartige Hervorragungen. Dieselbe Wahrnehmung machte man auch bei späteren totalen Sonnenfinsternissen, aber weil diese Erscheinungen mit Ende der Totalität unsichtbar werden und die Dauer der totalen Bedeckung höchstens nur wenige Minuten erreicht, so war es unmöglich, über die Natur jener roten Hervorragungen, denen man den Namen Protuberanzen gegeben hat, klar zu

werden. Wir sehen (Seite 228) die Nachbildung einer Photographie der Korona und der Protuberanzen A, R, K, I, G bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsternis von 1860. Um nun zu zeigen, wie verschieden sich letztere zu verschiedenen Zeiten gestalten, füge ich (Seite 229) noch eine Darstellung der Protuberanzen während der Sonnenfinsternis vom 18. August 1868 bei.

Ein Fernrohr mit Protuberanzspektroskop.

Als nun die Spektralanalyse helfend eintrat, hat sie gleich in ihrer ersten Anwendung auf diese Erscheinungen, bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsternis vom 18. August 1868, definitiv entschieden, daß die Protuberanzen ungeheure glühende Gasströme sind, in welchen Wasserstoff die Hauptrolle spielt. Aber noch mehr. Mit Hilfe der Spektralanalyse ist es möglich geworden, die Protuberanzen zu jeder Zeit, wenn die Sonne überhaupt sichtbar ist, zu beobachten, zu zeichnen, ja selbst zu photographieren! Man erreicht diese Sichtbarkeit der Protuberanzen in ihrer ganzen Gestalt dadurch, daß man den Spalt des Spektroskops, nachdem man ihn auf den Sonnenrand eingestellt hat, erweitert. Die Protuberanzen treten dann sofort hervor. Die vorstehende Figur zeigt ein astronomisches Fernrohr nebst dem daran befestigten Protuberanzspektroskop p m.

Wunder der Sternenwelt. 3. Aufl. Lith. Kunst-Anst. v. Aug. Kürth, Leipzig. Nach einer Photographie.

Total verfinsterte Sonne nebst Komet am 15. Mai 1882.

Die Korona der Sonne bei verschiedenen Finsternissen. 1. Ringförmige Sonnenfinsternis (schematisch). 2. Ringförmige Finsternis vom 15. Mai 1836. 3. Totale vom 28. Juli 1851. 4. Totale von 1858. 5. Vom 18. Juli 1860. 6. Vom 8. Juli 1842.

Man bedarf jedoch einer gewissen Übung und klarer Luft, um die Gestalten derselben deutlich zu sehen sowie die Veränderungen, welche sie erleiden, wahrzunehmen. Die spektroskopische Beobachtung der Sonne hat gleich anfangs einige unermüdliche Freunde gefunden, unter denen vorzugsweise der verstorbene Pater Secchi in Rom zu nennen ist. Zunächst fand sich, daß die Sonne an ihrer Oberfläche rings von einer Hülle glühenden Wasserstoffs umgeben ist, der man den Namen Chromosphäre gegeben hat. Die Dicke derselben beträgt 1000 bis 1500 Meilen. Aus dieser Hülle, oder, wie Zöllner glaubt, aus den darunter befindlichen Schichten der Sonne werden die Protuberanzen mit ungeheuerer Geschwindigkeit bis zu Höhen von 20000 Meilen in die glühende Sonnenatmosphäre emporgetrieben. Ueberhaupt hat uns das Spektroskop Kunde gegeben von ununterbrochenen großartigen Revolutionen auf der glühenden Sonnenoberfläche; Stürme glühenden Wasserstoffes durchbrausen die Atmosphäre der Sonne mit einer Geschwindigkeit, gegen welche die Schnelligkeit unsrer irdischen Orkane völlig verschwindet. In ungeheuern Garben schießen Protuberanzen auf, glühende Metalldämpfe des Eisens, Natriums, Magnesiums, Bariums mit emporreißend, und dann senken sie sich wieder in gewaltigen, viele tausend Meilen überspannenden Bogen herab, kurz, auf der Sonne herrscht ein wahres Wüten der rohen Materie, ein feuriger Übermut der rohen Gewalt. Seite 234 u. 235 sehen wir verschiedene Abbildungen einzelner Teile der Chromosphäre und gewisser Protuberanzen. Dieselben wurde von Pater Secchi in Rom beobachtet und gezeichnet. Fig. 1 und 2 zeigt den gewöhnlichen, ruhigen Zustand der Sonnenchromosphäre, die oben entweder wie ein Nebelmeer begrenzt ist oder kleine züngelnde Flammen zeigt, bisweilen auch wie in Fig. 3 Borsten oder endlich (Fig. 4) Wellen die bereits an Protuberanzen erinnern. Solche Protuberanzen endlich sind mit ihrer verschiednen Gestalt in den Figuren 5 bis 8 und der folgenden Figurentafel 1 bis 8 möglichst getreu nachgebildet. Um den richtigen Maßstab für die Großartigkeit der oben dargestellten Gebilde zu haben, dürfen wir nicht vergessen, daß daneben die Erde nur die Größe einer Erbse haben würde. Das Spektrum der Chromosphäre besteht aus einer Anzahl heller Linien, unter denen diejenigen des glühenden Wasserstoffes stets sichtbar sind, daneben erscheint häufig eine merkwürdige, kurze grüne Linie, welche sich auch im Spektrum der Korona zeigt, die aber mit keiner Linie eines bekannten irdischen Stoffes identifiziert werden kann. Zu gewissen Zeiten zeigt sich die Chromosphäre außerordentlich aufgeregt, dann sind zahlreiche sonst nicht vorhandene Linien in ihr hellglänzend sichtbar, unter denen besonders diejenigen des Magnesiums und Natriums hervortreten. Gegen die eigentliche Sonnenoberfläche hin, wird das Spektrum der Chromosphäre allmählich kontinuirlich, bis man zuletzt auf die glühende Photosphäre trifft, in welcher alle Stoffe vorhanden sind, die sich in den dunklen Linien des normalen Sonnenspektrums überhaupt verraten. Unter den Beobachtern der Sonnenprotuberanzen ist besonders auch Prof. Young zu Princeton in Nordamerika zu nennen. Derselbe fand, daß bisweilen förmige Explosionen in den Protuberanzen stattfinden, durch welche dieselben buchstäblich in Fetzen zerrissen werden.

LE BRETON

Ansicht des Zodiakallichtes in Europa. Nach Heis. (Zu S. 237.)

So beobachtete und prüfte er am 7. Sept. 1871 eine Protuberanz, die eine Höhe von 11700 engl. Meilen und unten am Sonnenrande eine Längenausdehnung von 21700 engl. Meilen besaß.

Verschiedene Formen von Sonnenprotuberanzen nach Zeichnungen von Secchi.

Sie zeigte sich als Wolke mit horizontalen Streifen, die von der Sonne her durch wie helle Fäden leuchtende Materie gespeist wurde. In weniger als einer halben Stunde wurde dieses Gebilde durch einen gewaltigen Ausbruch von unten

zertrümmert; an Stelle der ruhigen Wolke war die Sonnenatmosphäre mit einer großen Menge glänzender Fäden erfüllt, die rasch in die Höhe stiegen und deren kleinster größer gewesen sein muß, als unser ganzes Alpengebirge!

Verschiedene Formen von Sonnenprotuberanzen nach Zeichnungen von Secchi.

Und diese Glutmasse stieg in 10 Minuten bis zu 43000 Meilen Höhe über den Sonnenrand empor! — Die Großartigkeit des Schauspiels, welches ununterbrochen die feurigen Gewalten auf der Sonne aufführen, übersteigt unser

Vorstellungsvermögen. Aber dieser wilde Kampf der Materie dort ist notwendig, und wäre er nicht, so würde bald alles Leben auf der Erde untergehen müssen. Denn die Wissenschaft hat nachgewiesen, daß alle Kraft, welche hier auf der Erde in Wirksamkeit tritt (mit Ausnahme der durch die Ebbe und Flut erzeugten Bewegung), von der Sonne ausging und zuerst in Gestalt von Wärmestrahlen auf unsern Planeten herabkam. Betrachten wir die Kräfte, die unsrer Erde innewohnen, die gefüllten Schätze der Kohlenfelder, die Winde und Flüsse, unsre Flotten, Armeen und Geschütze. Was sind sie? Sie sind alle durch einen kleinen Teil der lebendigen Kraft der Sonne erzeugt, der kaum $\frac{1}{2300000000}$ der ganzen Kraftausstrahlung derselben ausmacht. Würde diese Kraft der Sonne versiechen, würde die Sonne erkalten, so würde alle irdische Kraft bald verbraucht und in den Weltraum ausgestrahlt sein, öde, starr und tot würde die Erdoberfläche daliegen und keine Bewegung sich auf ihr mehr kundgeben können. So vieles liegt daran, daß die Sonne eine ungeheuere glühende Masse und kein dunkler Körper ist! Fragen wir nun, wie lange noch die Sonne leuchten und wärmen wird, so kann ich darauf nur die Antwort geben: sie wird so wenig ewig leuchten, wie sie ewig geleuchtet hat. Es war voreinst eine Zeit, in der die Sonne ihre ersten Strahlen aussandte, und es muß dereinst die Zeit kommen, in welcher sie ihren letzten Strahl aussenden wird; wann letzteres eintritt, wissen wir nicht. Doch begeben wir uns aus jenen entlegenen Zeiten wieder zurück zur Gegenwart, umsomehr, als ich über den Ursprung der Sonne und ihres ganzen Gefolges von Planeten und Monden noch später sprechen muß; verlassen wir den Sonnenball und wenden uns den Körpern zu, für die er Bewegungsmittelpunkt und uneingeschränkter Herrscher ist.

Wir treffen hier zunächst auf eine sehr merkwürdige, aber lange nicht genug beachtete Erscheinung. Mancher hat wohl einmal an einem heiteren März- oder Septemberabende, zur Zeit der Nachtgleichen, jenen lichten weißlichen Schein beachtet, der sich dann am westlichen Himmel zu zeigen pflegt. In einer Breite von 20 bis 30 Graden steigt er am Horizonte auf, genau oder nahezu der Richtung der Ekliptik folgend und gegen das Zenith hin in einer schmalen, kaum noch dem aufmerksamsten Auge sichtbaren Spitze verschwindend. Das ist das Zodiakal- oder Tierkreislicht, so genannt, weil die ersten Beobachter es von den Grenzen des Tierkreises eingeschlossen glaubten. In der trüben Atmosphäre unsrer nördlichen Zone ist freilich kaum einmal zu Anfang des Frühlings oder des Herbstes eine schwache Spur dieser Erscheinung kurz vor der Morgendämmerung und nach der Abenddämmerung zu entdecken, und meist verliert sich auch dieser Schein noch im Lichte des anbrechenden oder scheidenden Tages. Das ist wohl auch die Ursache, warum wir keine ältere Beobachtung dieser Erscheinung besitzen, obwohl Andeutungen schon bei Plinius und Festus Pompejus vorkommen. Aber mit einem wunderbar klaren und milden Glanze erleuchtet sie die Nächte der Tropen. In der dünnen und trockenen Atmosphäre der über 4000 m hohen Kordillerengipfel, auf den unabsehbaren Grasfluren der Llanos von Venezuela und den Prärien Mexikos, an dem Meeresufer unter dem ewig heiteren Himmel von

Cumana, in der wundervoll durchsichtigen Atmosphäre der Südsee an den Westküsten von Peru und Mexiko, dort erscheint, wie Alexander v. Humboldt berichtet, das Zodiakallicht in unnennbarer Pracht. Vorzüglich um die Zeit der Nachtgleichen, wenn die Sonnenscheibe sich in das Meer gesenkt und völlige Finsternis die kurze Tropendämmerung verdrängt hat, taucht plötzlich an dem sternbesäeten Himmelsgrunde ein prachtvoller und doch lieblicher Glanz auf, vom Horizont bis zur halben Höhe des Himmelsgewölbes hinanreichend. Humboldt hat in einem altaztekischen Manuskripte die Bemerkung gefunden, daß das Zodiakallicht im Jahre 1509 vierzig Nächte hindurch auf der Hochebene von Mexiko am östlichen Himmel wahrgenommen wurde. Wir haben es also bei der ganzen Erscheinung keineswegs, wie einige wollten, mit einem wirklich in den letzten Jahrhunderten neu entstandenen Phänomen zu thun, sondern das Schweigen der Alten über diese merkwürdige Lichtpyramide ist bloß auf ihre Unaufmerksamkeit zurückzuführen, wodurch sie die zarte Erscheinung übersahen.

Lage und Neigung des Zodiakallichtes gegen den Horizont.

Die Ehre, das, was wir heute Zodiakallicht nennen, entdeckt zu haben, gebührt dem großen Beobachter Tycho Brahe; allein er verfolgte die Erscheinung nicht weiter, und das Gleiche gilt von Childrey, der um 1660 mehrere Jahre lang den Lichtschimmer im Frühlinge bemerkte und die Ergründung desselben den Astronomen empfahl. Die eigentliche wissenschaftliche Beobachtung des Zodiakallichtes beginnt mit dem Jahre 1683, als dasselbe die Aufmerksamkeit von Dominicus Cassini erregte.

Es ist sehr erklärlich, daß die ersten Beobachter durch das Auffallende in Zeit und Ort dieser Erscheinung auf den Gedanken kamen, sie mit dem Sonnenäquator in Zusammenhang zu bringen. Man erklärte daher die Erscheinung geradezu für die sichtbar werdende Sonnenatmosphäre selbst, die an den Polen stark abgeplattet, in der Ebene des Äquators bis über die Venusbahn ausgedehnt sei und durch den Widerschein der Sonnenstrahlen, gerade wie unsre Atmosphäre die Dämmerung, so den linsenförmigen Schein des Zodiakallichtes erzeuge. Ist aber eine solche Sonnenatmosphäre annehmbar? Dieser Ansicht stellt sich eine unüberwindliche Schwierigkeit von seiten der Mechanik des Himmels entgegen.

Atmosphären aller Himmelskörper nehmen stets eine Umdrehungsbewegung an. Die Schwungkraft nämlich, welche für die Grenzen des Tierkreislichtes hervorgehen müßte, würde durch die anziehende Kraft der Sonne nicht mehr im Gleichgewicht gehalten werden können und die Materie des Tierkreislichtes oder jener Sonnenatmosphäre würde sich darum sehr schnell in den Raum zerstreuen, ja es läßt sich mit mathematischer Gewißheit nachweisen, daß dies bereits in einem Abstande von der Sonne, welcher $^9/_{20}$ der Merkursweite gleichkäme, erfolgen müßte. Man mußte also zu andern Erklärungen seine Zuflucht nehmen. Die verbreitetste und anerkannteste Ansicht ist jedenfalls diejenige, nach welcher das Zodiakallicht aus einem dunstartigen, abgeplatteten, frei im Weltraume zwischen der Venus- und Marsbahn kreisenden Ringe ausstrahle. Jenseit jener Grenze, wo die Anziehung der Sonne der Schwungkraft das Gleichgewicht hält, mußte nach dieser Ansicht die Sonnenatmosphäre entweichen und, soweit sie sich nicht zu festen Planeten ballte, als dunstförmiger Ring den Umlauf fortsetzen. In neuester Zeit haben zwei aufmerksame Beobachter der Erscheinung, G. Jones in Nordamerika und Professor E. Heis in Münster, unabhängig von einander Ansichten über die Stellung des Zodiakallichtes im Planetensysteme ausgesprochen, welche fast ganz identisch sind und der Erscheinung eine engere Beziehung zur Erde anweisen. Nach diesen Ansichten ist das Zodiakallicht ein nebelartiger Ring, der nicht die Sonne, sondern vielmehr unsre Erde umgibt. Es wäre ein überraschendes Ergebnis, wenn weitere Forschungen diese Hypothese zur Gewißheit erhöben und damit zeigten, daß der Erdball seit alters von einem ungeheuren Ringe umgeben ist, ohne daß die Menschheit auch nur eine Ahnung davon besaß!

Ob und wie weit diese Hypothese sich bewahrheiten wird, mag dahin gestellt bleiben, jedenfalls scheinen sich die neueren Untersuchungen des Phänomens dahin zu neigen, dasselbe in nähere Beziehung zu unsrer Erde zu bringen, als man früher anzunehmen geneigt war. Für die Erklärung der Erscheinung muß es von Wichtigkeit sein, das Licht derselben spektroskopisch zu analysieren. Versuche in dieser Richtung sind zuerst von Liais, später von Angström, Respighi und Vogel, besonders aber von A. M. Wright gemacht worden. Es fand sich, daß das Spektrum des Zodiakallichtes kontinuirlich und nicht wesentlich verschieden ist vom Spektrum, welches das zerstreute Dämmerlicht gibt. Eine von den frühern Beobachtern gesehene grüne Linie fand auch Wright bisweilen, doch gehört sie nach seiner Meinung nicht dem Spektrum des Zodiakallichtes an, sondern vielmehr demjenigen des Nordlichtes. Die Aussage des Spektroskops stehen also der obigen Hypothese über das Zodiakallicht, wonach dieses aus einem nebelartigen oder staubförmigen Ringe besteht, nicht entgegen, doch ist der Gegenstand noch immer äußerst dunkel und weiterer Forschungen bedürftig.

Die Sternwarte zu Berlin.

Viertes Kapitel.

Die sonnennahen Planeten.

Erst Empfindung, dann Gedanken,
Erst ins Weite, dann zu Schranken,
Aus dem Wilden hold und mild
Zeigt sich dir das wahre Bild.

Wer Reisen gemacht, sei es durch die lieblichen Hügellandschaften Norddeutschlands oder durch die Alpengebiete Süddeutschlands und der Schweiz, der wird die üble Laune begreifen, die manchen Touristen anwandelt, wenn er einen der Glanzpunkte seines Reisegebietes verläßt und einem neuen Glanzpunkte zueilt. Vor ihm liegt vielleicht eine öde, interesselose Landschaft, die er am liebsten im Fluge und mit geschlossenen Augen durcheilen möchte. Und doch gebietet ihm wieder seine Touristenpflicht, hier und da in dieser Landschaft zu verweilen und Örtlichkeiten in Augenschein zu nehmen, denen vielleicht nur eine historische oder kulturhistorische Bedeutung Interesse verleiht. Solch eine Lage ist es nun beinahe, in welcher wir uns befinden, indem wir nach unsrer Umschau auf der Sonne unsern Flug in den Weltraum fortsetzen. Vor uns dehnt sich auf mehr als 30 Millionen Meilen weit eine einförmige Öde aus, und unter den wenigen Weltkörpern, die sie bevölkern, scheint noch unsre Erde der bedeutendste. Kann ich ja doch nicht verhehlen, daß die einzigen drei fremden Welten, denen wir

begegnen werden, an Größe, Dichtigkeit, Abplattung, Rotationsgeschwindigkeit, ja vielleicht selbst an Naturbeschaffenheit eine Übereinstimmung mit unsrer Erde zeigen, die nicht gerade große Überraschungen verspricht. Die Phantasie, die allein noch diese Einförmigkeit mit ihren bunten Reizen beleben könnte, sie haben wir ja ihrer Macht entkleidet. Aber es soll doch auch keine bloße Touristenfahrt durch den Himmel sein, die wir unternommen; es soll vor allem der Wissenschaft des Himmels und den Wegen ihrer Forschung gelten. Auf einem Verweilen muß ich also bestehen, aber ich kann zugleich das beruhigende Versprechen geben, daß es nur ein kurzes sein werde, da ja auch der Wissenschaft, soweit sie sich nicht in phantastischen Spielen gefällt, hier bisher nur ein flüchtiges Verweilen gestattet war.

Acht Millionen Meilen legen wir von der Sonne zurück und vor uns schwebt eine kleine sonnenbeleuchtete Welt. Eine kleine Welt, sage ich, denn sie ist klein im Verhältnis zu unsrer Erde; ihr Durchmesser kommt kaum $^2/_5$ des Erddurchmessers gleich, und ihre Rauminhalt wird demnach 16—17 mal von dem unsrer Erde übertroffen.

Erde und Merkur in ihrem wahren Größenverhältnis.

Wenige haben in ihrem Leben diesen Weltkörper von der Erde aus erblickt. Sein Name „Merkur" ist vielleicht das einzige, was wir von ihm wissen, und etwa noch, daß er von den Alten auch als Morgen- und Abendstern bezeichnet wurde. Die Ursache seiner seltenen Sichtbarkeit liegt in seiner außerordentlichen Nähe bei der Sonne. In seiner weitesten Abweichung entfernt er sich meist nur auf 16—17°, nie über 20° von der Sonne und erscheint darum stets tief am Horizont in den Strahlen der auf- oder untergehenden Sonne. Wir können daraus die oft angeführte Klage des Kopernikus begreifen, er werde ins Grab steigen, ohne Merkur jemals beobachtet zu haben. Und jene Mahnung, welche Möstlin, der Lehrer Keplers aussprach: „Wenn ich jemand wüßte, der sich mit Merkur beschäftigte, so würde ich ihm mitleidsvoll raten, seine Zeit nützlicher anzuwenden", wird uns wenigstens für eine Zeit berechtigt erscheinen, in welcher man auf eine Beobachtung des Himmels mit bloßen Augen angewiesen war. In unsern Gegenden, wo der Horizont fast niemals dunstfrei erscheint, dürfte es selbst wenig Astronomen geben, die den Merkur mehr als drei- oder viermal mit unbewaffnetem Auge gesehen. Nur unter dem wolkenreinen Himmel des Südens zeigt er sich trotz des umgebenden Dämmerlichtes in so strahlendem Glanze, daß die Alten ihm den Namen des „Funkelnden" gaben. Für uns ist freilich durch die Entdeckung des Fernrohres ein Mittel gegeben, diesen schwer zugänglichen Planeten in den Bereich der Beobachtung zu ziehen, indem man ihn einfach am Tage aufsucht, zu

welcher Zeit er, wenn man seinen Ort am Himmelsgewölbe kennt, selbst mit einem kleinen Instrumente leicht gesehen werden kann.

Phasen des Merkur, abends nach Sonnenuntergang.

Einen Planeten nannte ich den Merkur, und das ist er in der That. Seine Bewegung am Himmel, seine wechselnden Lichtphasen, seine Vorübergänge vor der Sonnenscheibe, legen dafür ein hinreichendes Zeugnis ab.

Die Figuren zeigen uns den Merkur, wie er von der Erde aus abends und morgens sich im Fernrohre darstellt. Die erste Figurenreihe (Fig. oben) zeigt uns den Merkur, wie er nach Sonnenuntergang sichtbar ist, zuerst als kleine helle, fast ganz runde Scheibe, ähnlich dem Monde ein paar Tage vor dem Vollmonde. Nach und nach wird diese Scheibe von Osten her schmäler, bis sie zu der Zeit, in welcher sich Merkur scheinbar am weitesten von der Sonne entfernt hat, sich als Halbkreis darstellt. Von jetzt ab wird die Gestalt des Planeten mehr und mehr sichelförmig, und er nähert sich wieder der Sonne, bis er schließlich als ganz schmaler Lichtfaden in den Strahlen der Sonne verschwindet. Kurze Zeit darauf findet man ihn morgens an der andern Seite der Sonne wieder, und seine Lichtgestalten folgen sich nun in genau umgekehrter Ordnung wie eben beschrieben. Das Spiegelbild der obigen Figur würde die Phasen des Merkur als Morgenstern zeigen. Die Gesamtfolge

Erklärung der Merkurphasen.

dieser Lichtgestalten beweist, daß Merkur ein kugelförmiger, an und für sich dunkler Körper ist, der sich um die Sonne bewegt und von dieser erleuchtet wird.

Man begreift ohne Schwierigkeit, daß ein Beobachter, der von der Erde aus den Planeten in seinen verschiedenen Stellungen verfolgt, je nach diesen einen ungleich großen Teil der erleuchteten Seite wahrnehmen wird. In umstehender Figur (S. 241) bezeichne die strahlende Scheibe in der Mitte die Sonne, der Kreis sei die Bahn des Merkur und in T der Ort der Erde. Wenn sich Merkur in M befindet, also zwischen Sonne und Erde, so wendet er letzterer seine dunkle Seite zu und ist deshalb für uns nicht als leuchtender Körper sichtbar. In dieser Stellung sagt man übrigens, der Planet befinde sich in unterer Konjunktion mit der Sonne. Lassen wir nun den Planeten über M' seine Bahn durchlaufen, so sehen wir sofort, daß die Gesichtslinie TM' von der Erde aus ein immer breiteres Stück der erleuchteten Hemisphäre abschneidet, bis endlich in der Stellung Erde, Sonne, Merkur letzterer seine volle Scheibe der Erde zuwendet. Man sagt dann, Merkur steht in oberer Konjunktion mit der Sonne. Es ist klar, daß jetzt seine Scheibe für den Anblick von der Erde aus weit kleiner erscheinen muß, als nahe bei der unteren Konjunktion, weil er nun um den ganzen Durchmesser der Merkurbahn, oder um beiläufig $15^1/_2$ Millionen Meilen weiter von der Erde entfernt steht, als im letzteren Falle. Zu gewissen Zeiten steht Merkur bei seiner unteren Konjunktion in gerader Linie zwischen Erde und Sonne, so daß er sich dann auf der Sonnenscheibe projiciert und, weil er seine Nachtseite der Erde zukehrt, als schwarzer Punkt auf dem leuchtenden Sonnengrunde erscheint. Man sagt dann, es finde ein Durchgang des Merkur statt oder ein Vorübergang vor der Sonne. Ein solcher Durchgang ist übrigens niemals dem bloßen Auge sichtbar, sondern kann nur am Fernrohre beobachtet werden, das man natürlich zum Schutze vor der Sonne mit einem Blendglase versehen muß. Der letzte Merkurdurchgang fand statt am 7. November 1871, der nächste wird am 9. Mai 1891 eintreten, jedoch bei uns nicht sichtbar sein; der darauf folgende Durchgang am 10. November 1894 wird dagegen in unsern Gegenden wenigstens teilweise gesehen werden können. Man hat zur Zeit des Durchganges in der schwarzen Scheibe des Merkur bisweilen einen hellen Schimmer bemerkt, doch scheint das nach den neuesten Beobachtungen von 1871 lediglich eine Täuschung zu sein. In obenstehender Figur ist das Verhältnis der scheinbaren Größe der Merkurscheibe bei größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde dargestellt. Die Bahn, welche Merkur um die Sonne beschreibt, ist kein genauer Kreis, sondern merklich elliptisch. Nimmt man, wie dies in der Astronomie immer geschieht, die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zur Einheit, so beträgt die mittlere Entfernung des Merkur von

Scheinbare Größen der Merkurscheibe in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

der Sonne oder die halbe große Achse seiner Bahn 0,387 und die Exzentrizität derselben in Teilen dieser halben großen Achse 0,2056, oder beiläufig $^1/_5$. Die Zeit, welche Merkur gebraucht, seine Bahn einmal zu durchlaufen, mit andern Worten also seine siderische Umlaufszeit, beträgt 87 Tage 23 Stunden 15 Minuten 44 Sekunden.

Betrachten wir jetzt den Merkur als Planeten-Individuum genauer. Nach Bessels Messungen ist sein scheinbarer Durchmesser in mittlerer Entfernung von der Erde gleich 6,7 Bogensekunden, woraus ein wahrer Durchmesser von etwa 640 Meilen folgt. Die Oberfläche dieses Planeten beträgt hiernach 1,300,000 Quadratmeilen oder ungefähr nur so viel, als unsre Erdteile Afrika und Amerika zusammengenommen. Die Masse Merkurs ist schwer zu bestimmen, sie wurde in neuerer Zeit durch v. Asten aus den Störungen, welche Merkur auf den Enckeschen Kometen ausübte, als derselbe ihm 1848 sehr nahe kam, zu $\frac{1}{7636000}$ der Sonnenmasse berechnet. Der Planet hätte hiernach ungefähr die gleiche durchschnittliche Dichte wie unsre Erde.

Sichelgestalten des Merkur. Nach Schröter.

Wegen seines starken Glanzes und seiner großen Nähe bei der Sonne, endlich auch wegen der geringen Größe des Planeten sind Beobachtungen der Oberfläche des Merkur schwierig. Schröter hat früher einzelne hierher gehörige Bemerkungen gemacht. Er behauptet, daß zur Zeit, wo der Merkur sich in seiner Sichelgestalt zeigt, das südliche Horn bisweilen deutlich abgestumpft und beinahe wie abgebrochen erscheint. War die Beobachtung richtig, so findet sie nur in bedeutenden Unebenheiten der Merkuroberfläche eine Erklärung. Man muß dann annehmen, es sei in der Gegend dieses südlichen Horns ein sehr hoher Berg vorhanden, der das Sonnenlicht verhindere, den Punkt zu erreichen, den die Spitze des Horns sonst einnehmen würde. Man muß dann weiter in dem regelmäßigen Wiedererscheinen dieser Abstumpfung das Zeichen der Rückkehr jenes Berges an den Rand der sichtbaren Scheibe erblicken und könnte endlich aus einer Vergleichung dieser Zeitpunkte einen Schluß auf die Dauer der Zeit ziehen, in welcher der Merkur seine Achsendrehung vollendet. Schröter und Harding haben solche Beobachtungen im Jahre 1800 gemacht, und es wurde daraus die Dauer

der Merkurrotation auf 24 Stunden 5 Minuten berechnet. So unsicher schon dieses Resultat ist, um so viel gewagter erscheint noch die Berechnung, welche Schröter aus der Größe dieser Abstumpfung für die Höhe des Berges anstellte, welcher sie hervorruft. Es ergab sich eine Höhe des Berges von 2 $^1/_2$ Meilen, die also der doppelten Höhe unsres Dhawalagiri gleichkommt und etwa dem 125. Teil des Merkurhalbmessers entspricht, also außer allem Verhältnis zur Größe dieses Weltkörpers steht. Im Jahre 1814 sah auch Gruithuisen das südliche Horn der Merkursichel stark abgestumpft und die Erleuchtungsgrenze schattiert.

Die vier Jahreszeiten des Merkur.

Schröter und Harding haben im Jahre 1801 auch einen dunklen Streifen, den sie in der Mitte seiner Scheibe entdeckten und der nach Osten hin eine schwärzere Stelle zeigte, für die Berechnung der Rotation dieses Planeten benutzt, indem sie gleichzeitig aus seiner Bewegung einen Schluß auf die Lage seiner Achse zogen. Sie bestimmten die Neigung derselben gegen die Ebene der Bahn auf etwa 70°, ein Resultat, das eine auffallende Übereinstimmung mit der Stellung der Erdachse darbietet. Leider sind anderweitige Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Merkur nur noch vereinzelt vorhanden, doch haben 1867 Prince und 1870 Birmingham Spuren von dunklen und hellen Flecken auf dem Merkur wahrgenommen. Die spektroskopische Untersuchung des Merkur durch Vogel und Lohse hat ergeben, daß das Spektrum dieses Planeten vollkommen mit demjenigen der Sonne übereinstimmt, jedenfalls nichts zeigt, was auf eine sehr dichte Atmosphäre um den Merkur schließen läßt. Damit stimmen auch die Untersuchungen Zöllners überein, der aus der Art und Weise, wie sich die Helligkeit des Planeten in seinen Phasen verändert, das Resultat ableitet, Merkur sei ein Planet mit einer sehr gebirgigen Oberfläche, aber ohne Atmosphäre.

Die Unklarheit, in welche wir die Naturverhältnisse des Merkur noch gehüllt sehen, verschwindet, sobald es allgemeinen kosmischen Beziehungen gilt, und unter diesen steht zumal als eine der wichtigsten Lebensbedingungen die Beleuchtung und Erwärmung voran. Dem Merkurbewohner, wenn wir solchem ein Dasein gönnen wollen, erscheint die Sonnenscheibe in dem mittleren Abstande des Planeten fast siebenmal heller strahlend und siebenmal größer als uns. Wenn die Beobachtungen Schröters in betreff der Neigung der Rotationsachse richtig sind, so würde es auf dem Merkur allerdings ähnliche Tages- und Jahreszeiten, selbst ähnliche Zonen und Klimate wie auf der Erde geben. Aber denken wir uns den außerordentlichen Wechsel, die Regsamkeit, die in das Merkurleben durch die auffallend exzentrische Form der Bahn kommen muß!

Scheinbare Größe der Venus in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

Während der Merkur in seiner äußersten Entfernung kaum das Fünffache des Lichtes, das wir von der Sonne erhalten, empfängt, muß in seiner Sonnennähe ihm fast die elffache Licht- und Wärmemenge zuströmen. Welch schroffe Wechsel der überdies so kurzen Jahreszeiten werden dadurch bedingt! Die vorstehende Figur gibt eine Darstellung der verschiedenen Stellungen des Merkur in seiner Bahn während der Solstitien und Äquinoktien. Wir würden offenbar unter dem Einflusse einer fünf- bis elffachen Licht- und Wärmeintensität der Sonne nicht bestehen können, und ebenso würde unsre heutige Pflanzenwelt die größten Veränderungen erleiden, besonders wenn die Jahreszeiten nur etwa 3 Wochen dauerten.

Aber begeben wir uns weiter in den Weltraum hinaus. Vor uns schwebt die **Venus**, als Abend- und Morgenstern wegen der Schönheit ihres Lichtes gefeiert seit alten Zeiten, jetzt als ein mächtiger Ball fast von der Größe unsrer Erde erscheinend. Keine der planetarischen Welten gelangt in eine solche Nähe zu unsrer Erde als diese, die zu gewissen Zeiten sich bis auf 5 Millionen Meilen ihr nähert, freilich zu andern auch wieder auf 35 Millionen Meilen von ihr entfernt. Keine dieser Welten dürfte darum auch die Erwartung einer Aufklärung ihrer Naturverhältnisse durch die beobachtende Wissenschaft in so hohem Grade

erregen als sie. Venus zeigt Phasen ähnlich wie Merkur und genau aus demselben Grunde; eine gewisse Besonderheit, auf welche ich alsbald zurückkommen werde, findet bei der Venus nur insofern, wie sie der Erde sich näher als der Merkur bewegt, statt.

Es ist klar, daß Venus je nach der Stellung in ihrer Bahn und je nach dem Orte der Erde, eine sehr ungleiche Entfernung von dieser letzteren haben wird. Diese bedingt nun wiederum eine sehr verschiedene scheinbare Größe ihrer Scheibe im Fernrohre.

Wie weit dieser Unterschied der scheinbaren Größe geht, zeigt vorstehende Figur (S. 245); überhaupt ist Venus unter allen Planeten derjenige, welcher die größten Unterschiede in seinem scheinbaren Durchmesser darbietet. Die Phasen der Venus sind wegen ihrer größeren Nähe bei der Erde weit auffälliger als diejenigen des Merkur; sie wurden im Jahre 1610 von Galilei mit Hilfe des neu erfundenen Fernrohrs zum erstenmal gesehen und sofort als einer der wichtigsten und eklatantesten Beweise des Kopernikanischen Planetensystems erkannt. Da der Planet Venus selbst in seiner größten Erdnähe nur wenig über eine Bogenminute groß erscheint, so sind seine Phasen mit bloßem Auge nicht sichtbar. Dennoch wollen neuerdings einige Beobachter die Sichelgestalt der Venus deutlich mit unbewaffnetem Auge gesehen haben, was sich wohl so erklärt, daß sie den Planeten in verlängerter Gestalt, statt von runder Form, erblickten.

Phase der Venus bei ihrer größten Helligkeit.

Indes gerade der Lichtglanz, den wir bei der Beobachtung der Venus für so günstig zu halten geneigt sind, macht ihre Erforschung schwieriger und erfolgloser als die manches dunkleren und ferneren Planeten. Lange bevor ein andrer Stern an unserm lichten Abendhimmel sichtbar wird, erscheint sie in ihrem Glanze, und nur selten sind die Zeiten, in denen sie nicht am Morgen- oder Abendhimmel leuchtet. Bis auf 48 Grade vermag sie sich von der Sonne zu entfernen und so dem Bereiche jedes Dämmerungsstrahles zu entziehen. Selbst in ihren schwächsten Lichtphasen, als zarte Sichel, sendet sie uns noch einen blendenden Glanz zu. Für die beste Sichtbarkeit der Venus hat sich die Zeit von etwa 35—38 Tagen vor oder nach ihrer unteren Konjunktion ergeben. Ihr scheinbarer Durchmesser, der in der unteren Konjunktion auf 66 Sekunden anwachsen kann, beträgt dann etwa 40 Sekunden, und die Breite des erleuchteten Teiles mißt sogar nur 10 Sekunden. In dieser Stellung ist also zwar nur der vierte Teil der Venusscheibe erleuchtet, aber die Erdnähe gibt dieser schmalen Sichel ein so intensives Licht, daß sie in Abwesenheit der Sonne selbst Schatten wirft. Diese günstigen Bedingungen der Sichtbarkeit, die natürlich nur für das

unbewaffnete Auge gelten, müssen ungefähr alle 29 Monate wiederkehren. Die größte Sichtbarkeit der Venus tritt sogar nur nach je acht Jahren ein, da dies die Periode ist, nach welcher die Konjunktionen der Venus nahezu an denselben Stellen des Himmels wiederkehren. Zu diesem Zeitpunkte kann sogar die Venus am hellen Mittage sichtbar werden, und diese wunderbare Erscheinung hat zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Völker erregt, zu Zeiten sogar, wo man glauben sollte, daß durch die großartigen Ereignisse der Menschengeschichte der Sinn für die Erscheinungen am Himmel abgestumpft gewesen wäre. So erzählt Arago, daß General Bonaparte, als er sich einst nach dem Palais Luxembourg begab, wo das Direktorium ihm ein Fest geben wollte, in lebhaftes Erstaunen darüber geriet, daß die versammelte Volksmenge auf der Straße mehr Aufmerksamkeit einer Stelle des Himmels über dem Palaste, als seiner Person und seinem glänzenden Generalstabe zuwandte. Auf seine Nachfrage erfuhr er, daß man dort, obgleich es doch Mittag war, einen hellen Stern erblicke, den man für den Stern des Besiegers von Italien hielt — eine Anspielung, setzt Arago hinzu, die dem gefeierten Feldherrn selbst nicht gleichgültig schien. Dieser Stern war die Venus. Zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Venus in ihrem größten Lichte gehört jene, von welcher Riccioli erzählt und wonach am 21. Februar 1587 der Planet in Italien als Abendstern so hell erschien, daß alle von ihm bestrahlten Gegenstände deutliche Schatten warfen.

Aussehen der Venussichel im Frühjahr 1881.
28. März 6½ Uhr, 31. März 6¾ Uhr, 5. April 6¼ Uhr.

Das glänzende Licht der Venus im Mai 1609 galt nachträglich bei dem unwissenden Volke und den ebenso unwissenden Machthabern Frankreichs als Vorbedeutung des Todes Heinrichs IV.

Am 5. Februar 1630 erschien die Venus so hell, daß sie in Tübingen um Mittag gesehen wurde.

Als am 1. November 1700 der Planet Venus zu Madrid am hellen Tage wahrgenommen wurde, glaubten viele diese Erscheinung mit dem an diesem Tage erfolgenden Tode des Königs Karl II. in Verbindung bringen zu müssen.

Die Sichtbarkeit der Venus bei hellem Tage am 21. Juli 1761 ist deshalb bemerkenswert, weil sie gleichzeitig von dem unwissenden Pöbel Londons und (nach Bruces Bericht) von den Völkern Abessiniens als Wunder angestaunt wurde.

Bei dieser außerordentlichen Sichtbarkeit war die Venus allerdings seit alten Zeiten ein Gegenstand astronomischer Beobachtung; aber erst seitdem durch das Fernrohr die Möglichkeit gegeben war, sie auch in Zeiten geringeren Glanzes zu beobachten, ist man darin erfolgreich gewesen. Sind doch selbst die Lichtgestalten der Venus erst von Galilei im Jahre 1610 entdeckt worden! So weit nun die Schwierigkeiten der Beobachtung nicht ins Spiel kommen, ist auch die sicherste und zuverlässigste Kunde zu erwarten. Wir wissen, daß dies besonders von den Bahnverhältnissen gilt, also auch von ihrer Umlaufszeit um die Sonne, die genau 224 Tage 16 Stunden 49 Minuten 8 Sekunden beträgt, und der daraus abgeleiteten mittleren Entfernung von der Sonne, die zu ungefähr $14^1/_2$ Millionen Meilen angegeben wird. Auch die wahre Größe des Planeten hat aus der Beobachtung seiner scheinbaren Größe, deren Durchmesser zwischen $9^1/_2$ und 62 Sekunden schwankt und für einen mittleren, dem unsrer Erde von der Sonne entsprechenden Abstand 17,55 Sekunden beträgt, mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden können. Der wirkliche Durchmesser beträgt also 1700 Meilen. Ich darf jedoch nicht verschweigen, daß gerade in bezug auf den Durchmesser der Venus unsre Messungen noch sehr viel zu wünschen übrig lassen. Der obige Wert von 17,55 Sekunden ist von Hartwich als Mittel der besten Messung der hellen Venussichel abgeleitet worden; dagegen liefern die Messungen, welche man angestellt hat, wenn die Venus sich bei ihrem Vorübergange vor der Sonne als schwarze Scheibe zeigt, ohne Ausnahme einen kleinern Wert. Auwers glaubt daher, daß die Begrenzung der vor der Sonne erscheinenden Venusscheibe in einer mehrere Meilen tiefern Atmosphärenschicht liegt, als der Umfang der außerhalb der Sonne im reflektierten Licht sichtbaren Kugel. Zwar erscheint ein dunkler Körper auf hellem Grunde infolge der sogen. Irradiation stets kleiner als ein heller auf dunklem Grunde, nach der Meinung von Auwers läßt sich hieraus allein der angeführte große Unterschied in der Messung des Venusdurchmessers nicht ganz erklären. Die Dichtigkeit und Masse der Venus sind auch vorerst nur annähernd bestimmt worden, die erstere zu $^{16}/_{17}$, die letztere zu $^{17}/_{19}$ der irdischen.

Die Unsicherheiten und Zweifel beginnen wieder bei den Aufschlüssen über die Rotation der Venus. Wir wissen, daß der Nachweis für die Umdrehung eines Planeten um seine Achse nur zu führen ist, wenn es gelingt, hellere oder dunklere Stellen auf seiner Oberfläche zu entdecken, deren scheinbare Ortsveränderungen man auf der Scheibe verfolgen kann. Der erste, welcher wirkliche Flecken auf der Venusscheibe sah, war Fontana, doch wissen wir von diesen Beobachtungen wenig Zuverlässiges. Am 14. Oktober 1666 bemerkte Dominicus Cassini einige hellere Stellen auf der Planetenkugel, aber erst am 28. April 1667 gelang es ihm, deutliche Flecken wahrzunehmen. Er setzte seine Beobachtungen bis zum 6. Juni jenes Jahres fort, und schloß daraus, daß sich Venus ähnlich wie die Erde um ihre Achse drehe. Sein Sohn Jakob Cassini bestimmte die Dauer der

Venusrotation auf 23 Stunden 15 Minuten. In Paris, wohin D. Cassini später berufen wurde, gelang es ihm niemals selbst mit bessern Instrumenten als ihm früher zu Gebote standen, Flecke auf der Venusscheibe wahrzunehmen.

Erst in den Jahren 1726 und 1727 sah Bianchini wiederum Flecke in der Nähe des inneren Randes der leuchtenden Venussichel, aber das Resultat, welches er aus seinen Beobachtungen bezüglich der Rotationsdauer des Planeten ableitete, kontrastierte seltsam mit den Ergebnissen Cassinis.

Oben: Auszackungen der Venussichel, nach Schröter. Unten: Flecke ihrer beiden Halbkugeln, nach Bianchini.

Bianchini fand nämlich die Umdrehungsdauer der Venus zu $24^1/_3$ Tagen. Dieses Ergebnis ist schon an sich wenig wahrscheinlich, da es kein Analogon unter den übrigen Planetenrotationen besitzt, auch fand es keineswegs den Beifall sämtlicher Astronomen. Allein eine Entscheidung war schwer, denn sehr lange Zeit hindurch gelang es keinem Astronomen mehr, Flecke auf der Venusscheibe zu erkennen. Auch W. Herschel vermochte mittels seiner großen Spiegelteleskope nur im Jahre 1780 einige Male einen matten Anflug einzelner Stellen der hellen Sichel zu erkennen, und behauptete, daß diese dunklen Stellen lediglich auf Zustände der Atmosphäre

der Venus zurückzuführen seien und vielleicht als Wolken betrachtet werden könnten. Nahe um dieselbe Zeit beobachtete auch H. Schröter in Lilienthal den Planeten Venus eifrig und anhaltend. Auch ihm gelang es nicht, Flecke auf dessen Oberfläche zu bemerken, nur einmal, am 29. August 1801, sah er einen matten dunklen Streifen, aber er fand, daß, wenn Venus sichelförmig erscheint, die Sichel nicht die genaue Gestalt besitzt, welche sie haben müßte, wenn der Planet eine vollkommene Kugel wäre. Die unregelmäßige Gestalt der Hörner dieser Sichel machten es ihm wahrscheinlich, daß die Oberfläche des Planeten sehr gebirgig sei; ja er versuchte sogar, aus der periodischen Wiederkehr der Gestaltänderungen der Hörner die Dauer der Rotation abzuleiten und fand dafür, in naher Übereinstimmung mit D. Cassini, 23 Stunden 21 Minuten 19 Sekunden. Zu verschiedenen Zeiten, am 28. Dezember 1789, am 21. Februar und 12. Mai 1790, am 16. und 19. Mai 1793, am 20. und 22. Dezember 1794 sah Schröter in der Nähe des südlichen Hornes der Venussichel einen isolierten hellen Punkt, deutlich von der schmalen Sichel durch einen dunklen Zwischenraum getrennt. Nach Analogie ähnlicher Erscheinungen bei unserm Monde, über welche ich bereits früher das Nähere mitgeteilt habe, hielt Schröter jene Punkte für die Spitzen hoher Berge, welche zur Lichtgrenze emporragen, während ihr Fuß noch in nächtliches Dunkel gehüllt ist. Ich glaube, daß man dem Lilienthaler Beobachter hierhin vollkommen beistimmen kann, aber seine Versuche, aus diesen Wahrnehmungen nach demselben Verfahren, das ich früher beim Monde auseinander setzte, die Höhe jenes Berges zu berechnen, müssen doch als gewagt bezeichnet werden. In der That ergaben sich jene Höhen auch so beträchtlich, daß unsre Bergriesen des Himalaya dagegen arg zusammenschrumpfen. Was will auch der Gaurisankar neben Bergen von 33000 und 16000 Metern Höhe bedeuten? Die neueren Astronomen haben aus ihren Untersuchungen keine Notwendigkeit erkannt, der Venus höhere Berge zuzuschreiben, als unsre Erde besitzt. Dagegen fand 1841 de Vico in Rom auf der Venusoberfläche Gebilde, welche in hohem Grade an die Krater des Mondes erinnern, jedoch noch viel größer sein müssen als diese. Diese Wahrnehmungen sind völlig unzweifelhaft, ja der Beobachter beschreibt das Auftreten der kreisförmigen Gebilde sehr charakteristisch. So erschien z. B. am Nordhorn der Venusscheibe zuerst ein schwarzer Fleck, der nach und nach von hellem Lichte umrandet wurde, darauf als Halbring in die dunkle Seite eingriff und zuletzt als schwarzer Einschnitt zwischen zwei hellen Vorsprüngen erschien. Man hat sich lange Zeit hindurch diesen Wahrnehmungen gegenüber sehr zweifelnd verhalten, weil es absolut nicht gelingen wollte, sie durch anderweitige Beobachtungen zu bestätigen; im Frühlinge 1881 hat jedoch F. W. Denning in Bristol die kraterförmige Gestalt wenigstens teilweise wiedergesehen, und wir müssen hieraus schließen, daß die wahre Oberfläche der Venus oft lange Zeit hindurch für den Anblick von der Erde aus durch Wolken verhüllt ist.

Schon die oben erwähnten großen Differenzen in den Messungen des Durchmessers der Venus außerhalb und innerhalb der Sonnenscheibe führen auf die Existenz einer sehr merklichen Atmosphäre dieses Planeten, und diese Annahme wird

durch andre Erscheinungen durchaus bestätigt. Wir wissen zwar, daß man aus der genau bekannten Stellung der Venus zur Sonne und Erde zu jeder Zeit im stande ist, auf das genaueste ihre Lichtgestalt zu berechnen. Nichtsdestoweniger aber erblickt man die Venusscheibe in einem sehr matten Schimmer beträchtlich über die durch Rechnung bestimmte Grenze hinaus; so sah Mädler 1849, als Venus sich nahe bei ihrer untern Konjunktion befand, daß die erleuchtete Sichel sich weit über den Halbkreis ausdehnte, und Lymann sah im Dezember 1866 bei sehr schmaler Sichel den Umkreis der ganzen Venusscheibe in mattem Lichte. Endlich hat man bei dem Durchgang von 1874 und 1882 den Umfang der Venusscheibe schon wahrnehmen können, als der Planet selbst eben anfing in die Sonnenscheibe einzutreten, der größere Teil derselben also noch außerhalb der Sonne stand. Auch ist es einigen Astronomen aufgefallen, daß der äußere, der Sonne zugekehrte Teil der Venus stets in einem weit helleren Lichte erscheint, als der gegenüber liegende Rand, welcher die Grenzlinien zwischen Tag und Nacht, die Örter der aufgehenden und untergehenden Sonne für die Venus bezeichnet. Man hat daher mit vollem Rechte diesen Lichtschimmer mit unsrer Dämmerung verglichen und angenommen, daß die Sonnenstrahlen, wenn sie den Rand des Venuskörpers streifen, in einer Atmosphäre gebrochen werden und so Punkte beleuchten, über welche sie sonst hinweggegangen wären. Herschel glaubte schon auf bedeutende Wolkenbildungen in dieser Atmosphäre schließen zu müssen und auch Vogel und Lohse kommen zu dem Resultate, daß Venus von einer Atmosphäre umgeben ist, in der eine sehr dicke und dichte Schicht von Kondensationsprodukten schwebt. Das Spektrum der Venus ist vollkommen mit dem der Sonne übereinstimmend, was vielleicht daher rührt, daß die Sonnenstrahlen nur bis zu einer gewissen Tiefe in die Atmosphäre dieses Planeten eindringen und größtenteils an der Wolkenschicht reflektiert werden.

Das Bild, das wir bis hierher von den Naturverhältnissen der Venus erhalten haben, erinnert uns in auffallender Weise an die irdische Heimat. Ähnliche Tage und Nächte, ähnliche Dämmerung, ähnliche Wolken, Berge und Thäler, warum nicht auch Länder und Meere hier wie dort! Nur die Jahreszeiten werden, wiewohl die zu Grunde liegende Beobachtung höchst zweifelhaft ist, infolge einer außerordentlich starken Neigung der Achse gegen die Bahnebene des Planeten eine wesentliche Abweichung zeigen. Man gibt nämlich die Schiefe der Ekliptik für die Venus auf 72—75 Grade an, und daraus würde man auf gewaltige klimatische Kontraste auf der Venusoberfläche schließen müssen, auf eine Tropenzone, die unmittelbar von einer schmalen, eisigen Polarzone begrenzt würde. Jedenfalls gehört dieser Teil unsres Bildes noch in das Reich der Mythen.

Aber es gibt noch andre Beobachtungen, die, völlig unerklärt, auf ganz eigentümliche Verhältnisse des Planeten hindeuten und die wir doch anstehen müssen, in das Bereich der Mythen zu verweisen. Die eine betrifft einen seltsamen aschfarbenen Schimmer, in welchem sich die dunkle Seite der Venus bisweilen selbst am hellen Tage zeigt, in Stellungen dieses Planeten, wo er doch

nur zu einem Teile vom Sonnenlicht erhellt sein kann. Zu zweifeln ist an dem Thatsächlichen dieser Beobachtung nicht, denn sie ist seit 1739 mindestens 22mal von nicht wenigen glaubwürdigen Astronomen gemacht worden. Ich will die merkwürdigsten dieser Wahrnehmungen hier mitteilen. Wahrscheinlich ist Riccioli der erste, welcher die Erscheinung wahrnahm, wenigstens beschreibt er etwas Ähnliches in seinem Buche Almagestum novum und meint, der graue Schein der Nachtseite wäre eine durch sein Fernrohr hervorgerufene optische Täuschung. Nach ihm findet sich die frühste Erwähnung des Phänomens bei William Derham, der 1735 zu Upminster starb. In den Kirchschen Tagebüchern der ältern Berliner Sternwarte findet sich vom 7. Juni 1720 die Stelle: „Heute fand ich Venus in einer Gegend, wo der Himmel nicht sehr klar war. Der Planet war schmal, sein Durchmesser 65" und es schien mir sehr, als ob ich seinen dunklen Teil sähe, wiewohl mir dies sehr unglaublich vorkommt."

Am 20. Oktober 1759 mittags 12 Uhr 45 Minuten sah Andreas Mayer zu Greifswald an einem sechsfußigen Birdschen Passageninstrumente dieselbe Erscheinung; neben der intensiv leuchtenden Sichel war der ganze übrige Teil der Planetenscheibe deutlich sichtbar. Im Frühlinge und Sommer 1796 sah Graf von Hahn mehrere Male die ganze dunkle Scheibe der Venus oder einen Teil derselben.

Am 24. Januar 1806 beobachtete Harding zu Göttingen die Venus mit einem zehnfußigen Herschelschen Spiegelteleskope. Er sah die ganze Kugel des Planeten und zwar den von der Sonne erleuchteten Teil in mattem, aschgraulichem Lichte, das sich von dem dunklen Himmelsgrunde deutlich abhob. Vom 28. Februar 1806 bemerkt derselbe Astronom:

„Bei noch nicht geendigter Dämmerung und klarer Luft sah ich mit dem erwähnten Teleskope die dunkle Venuskugel abermals unzweifelhaft gewiß. Diesmal erschien jedoch der hellere Teil nicht so sehr viel größer, als der dunkle, unstreitig deshalb, weil die Beobachtung am 24. Januar bei völliger Dunkelheit, die heutige aber bei noch nicht geendigter Dämmerung angestellt ward, und überdem die helle Venussichel jetzt schon viel schmäler war, als damals.

Sie zeigte sich diesmal in mattem, rotgraulichem Lichte, wie der Mond bei totalen Verdunkelungen. Übrigens war die Erscheinung ungemein deutlich, und besonders der Rand der Planetenscheibe äußerst scharf begrenzt."

1806 den 1. März, da der vorige Beobachter noch während der Dämmerung die Venus beobachtete, und zwar nur mit dem fünffußigen Reflektor, erblickte er sofort damit die Nachtseite derselben in voller Deutlichkeit und der zehnfußige Reflektor bestätigte vollkommen diese Wahrnehmung. Noch nie sah er dies so deutlich als jetzt; die Umrisse waren äußerst scharf begrenzt und zeichneten sich gegen die dunklere Bläue des Himmels so stark aus, daß auch der hinzugekommene Optikus Gotthard sie auf den ersten Blick erkannte.

1806 den 14. Februar, abends 7 Uhr, erblickte Schröter in Lilienthal die Venus in einer Höhe von 10°, die Luft war in Gährung. Dessenungeachtet erschien sie aber mit 150maliger Vergrößerung unter voller Öffnung des

vorzüglichen 15füßigen Reflektors in ihrer sichelförmigen Gestalt ungemein deutlich scharf und schön begrenzt, beide Hörner liefen fein regulär und spitzig ab.

„Ohne daß ich aber", sagt Schröter, „weiter an etwas dachte, fiel mir, nach so sehr vielen, in meinen aphroditographischen Fragmenten angeführten und zum Teil mit dem 27 füßigen Reflektor unter 20 zölliger Öffnung geschehenen Beobachtungen der sichelförmigen Gestalten und atmosphärischen Dämmerung der Venus zum erstenmale die ganze, nicht von der Sonne erleuchtete übrige Kugel in ihrer nächtlichen Gestalt, in äußerst mattem, dunklem Lichte ins Gesicht. Täuschung war es indessen nicht, weil ich sie gegen das starke Licht der erleuchteten Tagesseite gerade ebenso merklich kleiner als deren Umkreis erblickte, wie solches mit unbewaffnetem Auge bei dem sichelförmig erleuchteten Monde der Fall ist, und weil ich diese leicht erklärbare optische Täuschung nicht wegbringen konnte, ich mochte es mir vorstellen wie ich wollte."

Das sind die älteren Beobachtungen der merkwürdigen Erscheinung; ähnliche Wahrnehmungen sind aber auch in neuerer Zeit wiederholt gemacht worden.

Die Erscheinung ist besonders auch dadurch merkwürdig, daß sie zu gewissen Zeiten von einzelnen Beobachtern gesehen und von andern an andern Orten mit gleich guten Instrumenten vergebens gesucht wird. So sah Harding am 28. Februar 1806 das aschfarbige Licht sehr deutlich, während Schröter trotz aller Aufmerksamkeit keine Spur desselben wahrzunehmen vermochte. Übrigens scheinen die zahlreichen Wahrnehmungen seit Mitte der fünfziger Jahre darauf hinzudeuten, daß die ganze Erscheinung damals häufiger eintrat, als während vieler Jahre vorher und nachher.

Wir haben in ähnlichem Lichte die dunkle Seite unsres Mondes in den ersten Tagen nach dem Neumonde schimmern sehen; aber hier war es der Widerschein des Erdenlichtes, welcher diesen Schein erklärte. Die meisten Astronomen, darunter Olbers und William Herschel, haben in einer eigentümlichen Phosphoreszenz des Venuskörpers eine Erklärung der Erscheinung gesucht; andre haben angenommen, daß die ganze Atmosphäre des Planeten bisweilen der Schauplatz von Lichtentwickelungen sei, die sich am besten mit denen vergleichen lassen, welche die Nordlichter auf der Erde erzeugen; aber diese Erklärungen sind doch eigentlich nichts andres als Umschreibungen der Erscheinung, wodurch für das Verständnis nichts gewonnen wird. Wenn man annimmt, daß die ungeheuren kraterähnlichen Bildungen auf der Venusoberfläche wirklich Analoga unsrer Vulkane sind und wie diese, aber im Verhältnis ihrer Größe ungleich gewaltigere Eruptionen haben, so könnte man den hellen Schimmer in der Nachtseite der Venus vielleicht durch die ungeheueren Feuerausbrüche dieser Vulkane erklären, doch ist dies nur eine Hypothese, die kaum eine andre Stütze finden möchte.

Dazu kommt eine zweite Erscheinung, die lange Zeit außerordentliches Aufsehen gemacht hat und durch Aussprüche einiger Astronomen in das Dunkel der Mythe zurückgewiesen wurde. Am 15. November 1645 abends glaubte Franz Fontana zu Neapel über der Venus einen dunklen Stern zu sehen, den

den er für einen Mond derselben hielt. Im Jahre 1672 am 25. Januar, früh 7 Uhr glaubte Dominicus Cassini etwas westlich vom südlichen Horne des Planeten, einen ebenfalls sichelförmigen Mond zu sehen, der etwa $^1/_4$ vom Durchmesser der Venus hatte. Er hielt die Erscheinung damals entschieden für eine optische Täuschung. Am 28. August 1686 beobachtete er in der Nähe der Venus, etwa $^3/_5$ ihres Durchmessers von ihr entfernt, einen kleinen schwach schimmernden Stern, der eine Phase, ähnlich der des Planeten, zeigte und ungefähr ein Viertel seines Durchmessers maß. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde diese auffallende Erscheinung wiederholt von den geübtesten und scharfsichtigsten Beobachtern erkannt. Short, berühmt als Verfertiger von Spiegelteleskopen wie als Astronom, zwei französische Astronomen, Montaigne in Limoges und Montbarron in Auxerre, und zwei dänische Astronomen, Rödkiaer und Horrebow in Kopenhagen, machten unabhängig voneinander und mit ganz verschiedenen Instrumenten dieselbe Beobachtung. Am 9. März 1764 sah Horrebow den angeblichen Trabanten der Venus in mehreren Fernrohren, ebenso zwei Tage später, und mehrere Mitbeobachter bestätigten die Wahrnehmung. Um sich zu überzeugen, daß der wahrgenommene Stern nicht etwa ein Spiegelbild der Venus sei, richtete Horrebow sein Fernrohr auf den Jupiter und den Saturn, konnte aber bei diesen durchaus kein falsches Bild erkennen. Am folgenden Abend war von der Erscheinung neben der Venus nichts zu sehen. Am 4. Januar 1768 sah Horrebow mittels eines 10füßigen Dollondschen Refraktors, den er mit einem terrestrischen Okular versehen hatte, rechts unterhalb der Venus ein schwaches Licht, in einem andern Fernrohre mit astronomischem Okulare, das also die Gegenstände umkehrt, erschien das Licht links über der Venus. Diese Wahrnehmung wurde von mehreren Mitbeobachtern bestätigt und im Beobachtungsbuche bemerkt, daß das Licht weder einem Fixstern angehört habe noch eine optische Täuschung, sondern vielleicht der Venusmond gewesen sei. Folgendes ist eine vollständige Zusammenstellung aller bis jetzt bekannt gewordenen Beobachtungen, die man auf einen Venusmond gedeutet hat.

1645 November 15. abends, von Franz Fontana in Neapel gesehen.
1672 Januar 25. von D. Cassini, als kleine Sichel beobachtet.
1686 August 28. von D. Cassini zu Paris gesehen.
1740 November 4. von Short zu London gesehen, an Gestalt der Venus gleich.
1759 Mai 20. von Andreas Meier zu Greifswald, als kleine Scheibe.
1761 Februar 12. Pater La Grange zu Marseille.
1761 Mai 3. 4. 7. 11. von Montaigne zu Limoges.
1761 Juni 28. 30., August 5. 8. 12. 13. von Roedkiaer zu Kopenhagen.
1764 März 3. 4. von Roetkiaer in Kopenhagen.
1764 „ 9. 11. von Horrebow in Kopenhagen.
1764 „ 15. 28. 29. von Montbarron in Auxerre.
1768 Januar 4. von Horrebow in Kopenhagen.

Seit dem Jahre 1768 ist eine ähnliche Erscheinung bei der Venus nicht mehr beobachtet worden, aber berechtigt dies zu der Behauptung, alle angeführten

Wahrnehmungen seien Täuschungen, Blendbilder, hervorgerufen durch den großen Glanz der Venus? Ich möchte für meinen Teil nicht gern einem Fontana, Dominikus Cassini, Short rc. solche grobe Täuschungen zumessen. Jene alten Beobachter kannten ihre Fernrohre sehr gut, sonst hätten sie mit den unvollkommenen Instrumenten, deren sie sich bedienen mußten, nicht so zahlreiche und schwierige Entdeckungen gemacht, wie es in der That der Fall ist. Indessen kann man doch bei Deutung früherer Wahrnehmungen nicht vorsichtig genug sein, und neuerdings hat Denning, als er die Venus beobachtete, eine Erscheinung gesehen, welche mit der oben beschriebenen größte Ähnlichkeit hat und die doch nur eine optische Täuschung war. Am 30. März 1881 beobachtete nämlich Denning die Venus und wandte ein Kellnersches Kometenokular mit großem Gesichtsfelde aber nur 38 maliger Vergrößerung an.

Sogleich erschienen zwei Venussicheln im Gesichtsfelde, von denen die kleinere ungefähr 1/6 vom Durchmesser der großen zeigte. Beide Sicheln waren gleich gerichtet und gewissermaßen genaue Kopie voneinander. Das Okular wurde rund gedreht, aber die Lage beider Sicheln zu einander veränderte sich nicht im mindesten. Als der Beobachter jedoch ins Innere des Spiegelteleskops, welches er benutzte, sah, fand er die Erklärung der Erscheinung sofort. Die Sonne schien nämlich zum Teil auf die schmale Röhre des Okulars und erzeugte dort eine helle sichelförmige Figur, die schwach reflektiert und im Okular umgekehrt gesehen wurde. Der Beobachter zweifelt nicht daran, daß die früheren Wahrnehmungen eines sogenannten Venusmondes wahrscheinlich eine ähnliche Erklärung finden dürften.

Einen letzten Gruß noch, ehe wir scheiden, der strahlenden Venus! Ein Denkzeichen einer der schönsten und glänzendsten Thaten der Wissenschaft steht sie da. Sie war es ja, die in ihren Durchgängen durch die Sonnenscheibe das Mittel bot, den Abstand der Sonne von der Erde zu bestimmen und damit einen Maßstab zu gewinnen, mit dem jetzt der Astronom das ganze Weltgebäude durchmißt! Nun aber weiter hinaus in den dunklen Raum! Bald ist die weite Einöde durchflogen, und es taucht bereits der wohlbekannte Erdball aus der Nacht herauf. Vom Sonnenglanz umflossen schwebt er jetzt vor uns, und deutlich unterscheiden wir bereits Länder und Meere. Wohl lockt uns die Sehnsucht nach den heimatlichen Fluren, aber vorwärts mahnt der Gedanke, in die ferne Fremde geht unser Flug. Hinter uns entschwindet die Erde. Schon ist sie in Nacht versunken und schimmert nur noch als ein Stern unter Sternen. Da taucht vor uns ein fremder, in wunderbar rotem Lichte glänzender Weltkörper auf. Hier wollen wir Halt machen.

Mehr als 30 Millionen Meilen sind wir jetzt von der Sonne entfernt, und kaum noch halb so groß erscheint ihre Scheibe, als wir sie von der Erde her zu sehen gewohnt sind. Der rote Weltkörper vor uns ist der Mars. Er bewegt sich in einer elliptischen Bahn um die Sonne, welche die Erdbahn umfaßt und ist der erste oder nächste der oberen Planeten, deren Sonnenumläufe die Bahn unsrer Erde umschließen.

Ich sagte zuvor einmal, daß es kein romantisches Gebiet sei, durch das der

Weg uns anfangs führen werde. Aber einen historischen Schauplatz haben wir betreten, bedeckt mit den Trophäen, den Denksteinen unsterblicher Thaten des menschlichen Geistes. Je weiter wir vorschreiten, desto zahlreicher werden diese Denksteine uns entgegentreten, desto lebendiger werden sie sprechen von den Siegen, die hier errungen. Auch dieser Mars ist ein solcher Denkstein. An seinen Namen knüpft sich eine Entdeckung, die zu den herrlichsten aller Zeiten zählt. An ihm fand der unsterbliche Kepler jene Gesetze, durch welche der Wissenschaft gleichsam erst der Himmel erschlossen ward, da sie seine Ereignisse begreifen und durch Maß und Zahl beherrschen lehrten.

Aber nicht bloß um seiner historischen Erinnerungen willen, sondern auch seiner interessanten Naturverhältnisse wegen verdient der Mars unsre Beachtung.

Ansichten vom Mars nach einer Zwischenzeit von zwei Stunden, gezeichnet von Warren de la Rue.

In einem Zeitraum von 1 Jahr 321 Tagen 17 Stunden 30 Minuten 41 Sekunden durchläuft er seine Bahn um die Sonne, in Abständen, die wegen der außerordentlich exzentrischen Gestalt seiner Bahn zwischen 27 und 33 Mill. Meilen wechseln. Dem irdischen Beobachter erscheint er als ein auffallend roter Stern, in der günstigsten Stellung von erster Größe, aber in seinen weiteren Abständen bis zur dritten Größe herabsinkend. Der roten Farbe erwähnen schon die ältesten Nachrichten. Die alten Griechen und die Hebräer nannten Mars den Feurigen, im Sanskrit wird er Rotkörper oder brennende Kohle genannt und in der Planetenverehrung der Sipasier unter dem Namen Bahram mit einer roten Krone dargestellt. Hinsichtlich des Erscheinens seiner Gestalt zeigt auch dieser Planet Phasen, die aber niemals zu einer wirklichen Sichelgestalt anwachsen, ja niemals auch nur jene Gestalt überschreiten, welche der Mond uns drei Tage nach dem Vollmond darbietet. Der Durchmesser seiner Scheibe mißt zwischen 3,3 und 23 Sekunden, in einem mittleren Abstande, dem der Sonne von der Erde gleich, 9,35 Sekunden. Sein wirklicher Durchmesser berechnet sich daraus auf nahezu 900 Meilen. Er ist also einer der kleinsten unter den älteren Planeten, an

Körperinhalt kaum ein Siebentel der Erde fassend. Eine sichere Bestimmung seiner Masse war lange Zeit hindurch unmöglich; man schätzte sie auf etwa $^2/_{15}$ der Erdmasse. Die Entdeckung zweier Monde, welche den Mars umkreisen, hat es jedoch ermöglicht, die Masse dieses Planeten mit einem hohen Grade von Genauigkeit zu bestimmen, und Hall findet dafür auf Grund seiner eignen Beobachtungen $\frac{1}{3093500}$ der Sonnenmasse oder etwa $^1/_9$ der Erdmasse.

Scheinbare Größen des Mars in größtem, mittlerem und kleinstem Abstande von der Erde.

Ich sagte schon, daß wir merkwürdige Dinge vom Mars zu erfahren haben. Schon die rote Färbung deutet auf dergleichen hin. Sie ist dieselbe, in der der Planet bereits den alten Griechen und Indern vor zwei, ja drei Jahrtausenden erschien, und muß darum wohl in dauernden Naturverhältnissen ihren Grund haben. Aber vergeblich hat man sich in Erklärungen erschöpft. Die einen haben an ein ockerhaltiges Erdreich, an roten Sandsteinboden gedacht, von welchem das Sonnenlicht dort zurückstrahlen soll; andre haben in einer rötlich gefärbten Vegetation, noch andre in einer trüben Atmosphäre, wie sie bisweilen bei uns zur Zeit des Sonnenunterganges über alle Gegenstände einen rötlichen Schimmer verbreitet, eine Erklärung zu finden geglaubt. Letztere scheint, so weit man aus den spektroskopischen Wahrnehmungen Schlüsse ziehen darf, noch am wahrscheinlichsten zu sein. Die Untersuchungen von Vogel zeigten im Spektrum des Mars zahlreiche Linien unsres normalen Sonnenspektrums, daneben aber auch einige Streifen, die im Sonnenspektrum dann

Erde und Mars in ihrem wahren Größenverhältnis.

auftreten, wenn sich die Sonne nahe am Horizont befindet, und die man dem Wasserdampf unsrer Atmosphäre zuschreiben muß. In der Atmosphäre des Mars findet sich also auch Wasserdampf in so beträchtlichen Mengen, daß dadurch merkliche Absorptionslinien im Spektrum dieses Planeten auftreten.

Eine Sonderbarkeit, welche den Mars sogar in den Ruf einer gewissen Gesetzwidrigkeit gebracht hat, glaubte man bis in die neueste Zeit in seiner Gestalt zu erkennen. Man behauptete nämlich, eine Abplattung des Mars beobachtet zu haben, wie sie im Widerspruch mit allen Gesetzen der Mechanik stehen würde. Herschel gab diese Abplattung zu $^1/_{16}$, Arago nach seinen genauesten Messungen mindestens zu $^1/_{30}$ an. Wir wissen, daß die Abplattung eines Weltkörpers sich nur als eine Folge seiner Rotation auffassen läßt, daß sie also zur Geschwindigkeit derselben in irgend einem Verhältnis stehen muß.

Bewegung der Marsflecken während der Rotation; nach Beobachtungen von Norman Lockyer zur Zeit der Marsopposition.

Nun erfolgt aber die Rotation des Mars noch 41 Minuten 19 Sekunden langsamer als die Rotation der Erde, und doch sollte seine Abplattung mindestens zehnmal so groß als die der Erde sein! Gleichwohl haben viele Astronomen jene Abplattung als unbestreitbare Thatsache festgehalten und sich sogar über die Entschiedenheit verwundert, mit welcher ein so großer Astronom wie Bessel in Königsberg das Vorhandensein einer Marsabplattung, die sich mit den besten unsrer heutigen Instrumente messen lasse, bestritt. Man kann sich denken, in welchen Vermutungen unsre Astronomen sich über die Ursache jener augenscheinlichen Ungesetzlichkeit ergingen. Die einen wollten sie in jener Wirkung verschiedener, nach innen an Dichtigkeit zunehmender Schichten des Marskörpers sehen; andre meinten, die flüssige Oberfläche des Mars müsse wohl früher erhärtet sein, als er die seiner Rotationsgeschwindigkeit entsprechende Figur habe annehmen können; noch andre suchten den Grund in lokalen Erhebungen, welche bei der verhältnismäßigen Kleinheit des Mars einen bedeutenden Einfluß auf seine Gestalt gewonnen hätten. Allen diesen Vermutungen dürfte durch die Bestätigung, welche die Besselsche Ansicht neuerdings durch die Untersuchungen von Oudemans gefunden hat, ein Ende gemacht und jeder Anlaß beseitigt sein, den Mars noch ferner als außerhalb des Gesetzes stehend zu betrachten. Die neuesten

Messungen des Mars, welche Kaiser in Leiden angestellt, stehen ebenfalls in bester Übereinstimmung mit denjenigen von Bessel, denn aus ihnen folgte bloß eine Abplattung des Planeten von $\frac{1}{118}$, d. h. eine viel zu geringe, um verbürgt werden zu können.

Wenn man den Mars in gewissen Stellungen beobachtet, so scheint er sogar in der Richtung der Pole verlängert zu sein; dies rührt von der Phase her, welche für die Wahrnehmung von der Erde aus nicht ganz unmerklich ist.

Durch neuere Untersuchungen von Julius Schmidt in Athen ist die Rotation des Mars gegenwärtig bis auf Tausendstel einer Sekunde genau bekannt; diese Schärfe ist ermöglicht worden durch Zuziehung älterer Beobachtungen von Huygens, welche bis ins Jahr 1672 hinaufreichen. Um nun darzulegen, wie solche alten Beobachtungen von höchster Wichtigkeit für die Ableitung der Rotationsdauer sein können, wollen wir annehmen, am 13. August mittags mittl. Berl. Zeit des Jahres 1672 habe Huygens einen dunklen Fleck des Mars mitten auf der Scheibe desselben gesehen und am 22. April 1856 morgens 9 Uhr 36 Minuten mittl. Berl. Zeit habe man denselben Fleck wiederum auf der Mitte der scheinbaren Marsscheibe beobachtet. Aus anderweitigen Beobachtungen in kürzeren Zeitintervallen weiß man bereits, daß die Umdrehungszeit nahezu 24 Stunden 37 Minuten 22 Sekunden beträgt, und ferner ist klar, daß zwischen der Beobachtung des Jahres 1672 und jener von 1856 nur eine ganze Anzahl von Rotationen abgelaufen sein kann. Man hat daher die Zahl der Tage, Stunden, Minuten und Sekunden zwischen diesen beiden Beobachtungen durch die Zahl von 24 Stunden 37 Minuten 22 Sekunden zu dividieren, um zu finden, wie viele Umdrehungen der Mars in jener Zwischenzeit gemacht hat. Geht die Division hierbei gerade auf, so ist natürlich die oben angenommene Umlaufszeit richtig. Führt man die Division wirklich aus, so erhält man 65395 als Anzahl der Rotationen, aber es bleibt noch ein Rest von 10 Stunden 54 Minuten. Um so viel sind also 65395 Rotationen des Mars länger als 24 Stunden 37 Minuten 22 Sekunden, das macht auf jede Umdrehung nur 0,6002 Sekunde, und der wahre Wert der Umdrehungsdauer ist 24 Stunden 37 Minuten 22,6002 Sekunden. Nehmen wir nun an, die erste Beobachtung sei um eine volle Stunde fehlerhaft, so daß der Fleck eine Stunde früher die Mitte der Scheibe passiert habe. Es würde dann bei obiger Division noch ein Rest von 11 Stunden 54 Minuten bleiben, dessen Division durch 65395 ergibt: 0,655 Sekunden, also weniger als $\frac{55}{1000}$ Sekunde von dem obigen Werte abweichend. Auf dem hier kurz bezeichneten Wege hat J. Schmidt gefunden, daß die Rotationsdauer des Mars 24 Stunden 37 Minuten 22,57 Sekunden beträgt.

Wenn sich Mars in seiner Erdnähe befindet, so erreicht seine Scheibe einen scheinbaren Durchmesser von $23^1/_2''$ und man kann dann auf ihr schon mit kleinen Ferngläsern (von $2^1/_2$ Zoll Objektivdurchmesser an) mehrere helle und dunklere Flecke unterscheiden. Wendet man starke Ferngläser an und vor allen Dingen versteht man astronomisch zu beobachten und die wahrgenommenen Erscheinungen zu verfolgen, so kann man nach und nach eine reiche Mannigfaltigkeit auf der

Marsoberfläche entdecken. Schon Beer und Mädler haben seit 1830 mit einem Fernrohr von $3^3/_4$ Zoll Objektivdurchmesser eine schöne Weltkarte des Mars entworfen, die ich hier in guter Nachbildung vorführe. Die dunklen Stellen erscheinen im Fernrohre graugrünlich oder nach Secchi bläulich, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß sie Wasseransammlungen Analoga unsrer Meere sind, während wir in den hellen Partien Festländer oder Inseln vor uns sehen.

Weltkarte des Planeten Mars, nach Beer und Mädler.

Kein Planet hat seine Naturverhältnisse dem Auge des Beobachters so offen dargelegt als der Mars; doch darf man nicht glauben, daß man bloß zum Fernrohre — und wäre es auch das größte, welches existiert — zu treten brauche, um gleich alle Kontinente und Meere des Mars wie auf einer Zeichnung ausgebreitet zu sehen. So einfach und leicht ist das astronomische Sehen und Beobachten durchaus nicht, vielmehr sind auch hier Geduld und Ausdauer erforderlich, selbst um dasjenige wiederzusehen, was bereits andre gesehen haben! Wenn wir uns an die Aufschlüsse erinnern, die wir von den Naturverhältnissen der Mondoberfläche erhielten, so waren es dort im wesentlichen solche, die in den geognostischen Verhältnissen unsrer Erde eine Vergleichung fanden. Auf dem Mars sind es die meteorologischen Erscheinungen der Erde, an die wir gemahnt werden. Wir wissen, daß man mit Hilfe dieser Flecke die Achsendrehung des Mars festgestellt

hat, dieselben Flecke dienten aber auch dazu, um die Neigung seiner Achse gegen die Ebene seiner Bahn herzuleiten. Letztere beträgt nach Bessels Untersuchungen 62° 44′, so daß die Ausweichung der Sonne für den Marsäquator nach Süden und Norden 27° 16′ erreicht. Als eine Folge dieser Achsenstellung muß auf dem Mars ein Jahreszeitenwechsel bestehen, wie auf der Erde, aber durch die große Exzentrizität der Bahn wird der Gegensatz der Jahreszeiten schroffer gemacht. Es ist uns bekannt, daß von dieser Bahngestalt das Verhältnis von Sommer und Winter bedingt ist. Während nun bei uns beide nahezu gleich sind, kommen für die nördliche Halbkugel des Mars auf den Sommer 372, auf den Winter nur 296½ Tage. Die Jahreszeiten der südlichen Halbkugel sind natürlich denen der nördlichen gerade entgegengesetzt; der Sommer ist hier die kürzere; aber was er an Dauer verliert, gewinnt er wieder an Sonnenwärme, da der Mars sich zur Zeit des südlichen Sommers in der größeren Nähe zur Sonne befindet. Während also die nördliche Hälfte lange, gemäßigte Sommer und kurze, milde Winter hat, sind die Sommer der Südhälfte kurz und heiß, die Winter lang und streng.

Topographische Karte des Mars. Nach Schiaparelli.

So interessant nun auch diese aus bloßen kosmischen Verhältnissen gezogenen Schlüsse auf die Jahreszeiten eines so viele Millionen Meilen weit

entfernten Weltkörpers erscheinen, so werden wir doch meinen: es sind eben nur Schlüsse. Allein dem ist nicht so, man kann den Verlauf dieser Jahreszeiten auf dem Mars sogar direkt beobachten!

Der Mars hat wie wir wissen eine Atmosphäre. Man muß zugeben, daß eine solche Atmosphäre so gut wie unsre irdische ihre Aufhellungen und Trübungen haben wird, und zwar nicht bloß solche, die von zufälligen oder vorübergehenden Ursachen bedingt werden, sondern auch allgemeine und dauernde, wie sie der Charakter der Jahreszeiten mit sich führt. Nun haben schon Beer und Mädler beobachtet, daß die beständigen Flecken des Mars bestimmter, gesonderter, intensiver zur Zeit ihres Sommers, formloser, bleicher, verwaschener zur Zeit ihres Winters erscheinen, daß also auch dort wie bei uns verschiedene Durchsichtigkeitsgrade der Atmosphäre die Jahreszeiten charakterisieren, ein reinerer, klarerer Himmel sich über den sommerlichen, ein trüberer, dumpferer über den winterlichen Fluren des Mars wölbt. Die Anwendung der großen Fernrohre der Gegenwart hat auf dem Mars sehr häufig das Auftreten gewaltiger Wolkenmassen konstatieren lassen. Es fand sich, daß stets mehr oder weniger große Teile der Marsoberfläche durch Gewölk verdeckt sind. Ja Lassell vermochte 1862 mit seinem Riesenteleskop die Umdrehungsdauer des Mars nicht genau zu bestimmen, weil die Gegenwart von Nebeln und Wolken das Wiedererkennen bestimmter Konturen verhinderte. Schröter sah einst einen wolkenartigen Streifen, der seinen Ort auf der Marsoberfläche veränderte, und er schloß daraus, daß es eine Wolke sei, welche vom Winde mit einer Geschwindigkeit von mindestens 20 Fuß in der Sekunde fortgetrieben wurde. Dawes sah über einigen Ozeanen des Mars helle Flecken, die man wohl für Schneewolken halten kann. Schiaparelli, dem wir die genauesten Untersuchungen der Marsoberfläche verdanken, fand bestimmte Regionen derselben, über denen sich vorzugsweise gern Nebel bilden, die uns den wahren Anblick dieser Gegenden entziehen. Aber nicht bloß die heitern und trüben Tage des Mars, auch das drohende Anwachsen des Eises an seinen Polen kann der Astronom von seinem fernen Standpunkte auf der Erde wahrnehmen. Es zeigen sich nämlich an den beiden Polen des Mars zwei weiße Flecken, deren Glanz die ganze übrige Marsfläche um mehr als das Doppelte übertrifft. Diese Flecken wachsen und nehmen ab, und zwar in unverkennbarem Zusammenhange mit den Jahreszeiten des Mars. Die größte Veränderlichkeit in seinen Umrissen zeigt der südliche Polarfleck, wie auch am Südpol die größten Extreme der Temperaturen statthaben. Zur Zeit der Nachtgleichen zeigen beide Flecke gleiche Ausdehnung; während des Winters reichen sie oft über 25 Grade vom Pol, im Sommer schmelzen sie auf 5—6 Grade zusammen. Wenn Herschel im Jahre 1781 den südlichen Fleck außerordentlich groß erblickte, so geschah dies nach einem 12 Monate langen, sonnenlosen Winter auf dieser Halbkugel; und wenn derselbe Flecken im Jahre 1783 sehr klein erschien, so war ein 8 Monate langer heißer Sommer auf dem Südpol des Mars vorhergegangen. Man kann es gegenwärtig als sicher konstatierte Thatsache betrachten, daß jeder der weißen Polarflecke auf dem Mars sich in dem Maße zusammenzieht als der Sommer der

entsprechenden Halbkugel herannaht. Diese Abnahme dauert fort bis ungefähr 2 Monate nach dem höchsten Sonnenstande, d. h. bis zu der Zeit, welche der größten Erwärmung der betreffenden Marshemisphäre entspricht, dann beginnt der Fleck sich anfangs langsamer, später aber immer rascher auszudehnen bis zu Ende des Winters. Natürlich hat der Nordpol Sommer, wenn der Südpol Winter hat, und umgekehrt, und so ist auch stets der eine Polarfleck am kleinsten, wenn der andre am größten ist. Es ist also kaum noch daran zu zweifeln, daß die Polarflecke des Mars wirkliche Eis- und Schneezonen sind, und vom Planeten Venus aus gesehen wird unsre Erde zweifellos an ihren Polen ähnliche helle Flecken zeigen wie uns der Mars. Schiaparelli hat außerdem gefunden, daß die Bewölkung in der Marsatmosphäre zur Winterzeit am größten ist. Während aber auf unsrer Erde die Kalmenzone einen ewigen Wolkengürtel um die tropische Zone schlingt, fehlt ein solcher auf dem Mars.

Wie ich oben bereits mitteilte, haben zuerst Beer und Mädler eine Karte der Oberfläche des Mars entworfen, die ziemlich genau die Lage der hauptsächlichsten Meere auf diesem Planeten darstellt. Im Jahre 1877 begann Schiaparelli eine ähnliche Arbeit, bei welcher er, unterstützt von einem größern Fernrohre und dem klaren Himmel Mailands, sehr viel genauere Resultate erhielt. Er bestimmte hierbei die Lage einer großen Anzahl von Punkten der Marsoberfläche durch Mikrometermessungen nach Länge und Breite, wodurch eine feste Grundlage für die Zeichnung der Konturen gewonnen wurde. Wie auf unsrer Erde die Längen von einem beliebigen Anfangspunkte (Ferro oder Greenwich) aus gezählt werden, so ähnlich auch auf dem Mars. Schiaparelli wählt übrigens als ersten Meridian denselben, welchen schon Mädler angenommen hatte. Er bildet die Spitze einer Landzunge, welche aus einem Meerbusen vorspringt, der den Namen Sinus Sabäus erhalten hat. Überhaupt gab Schiaparelli den einzelnen Oberflächenteilen des Mars teils mythologische, teils historische und geographische Benennungen. Die Karte, welche Schiaparelli aus seinen Beobachtungen 1877 zusammenstellte, ist in der Figur (S. 261) reproduziert; im Jahre 1880 hat er sie durch neue Untersuchungen in einzelnen Teilen noch vervollständigt. Wenn man diese Karte mit einer in derselben Projektion entworfenen Erdkarte vergleicht, so sieht man sofort, daß auf dem Mars Festland und Meer ganz anders verteilt sind als auf der Erde. Während bei uns die Kontinente große zusammenhängende Massen bilden, die überwiegend der nördlichen Erdhälfte angehören, treten auf dem Mars die Länder in einer Zone rings um den Äquator auf und sind durch zahlreiche Meeresstraßen oder lange schmale Meere in kleine Partien zerschnitten. Auf der südlichen Hemisphäre des Mars finden sich andre Landgebiete, die in mit den vorhergehenden nahezu parallele Zonen verteilt sind. Im Jahr 1877 entdeckte Schiaparelli einige Regionen der Marsoberfläche, die in ihrer Farbe die Mitte halten zwischen dem Dunkel der Meere und dem hellen Rotgelb der Festländer. Es sind dies vorzugsweise Inseln und Halbinseln, über welchen sich gern Nebel bilden und die ich schon vorhin erwähnte. Schiaparelli fand, daß eine Landschaft die den Namen Noachides erhalten hat, monatelang von Nebel bedeckt ist, eine andre Landschaft

(Proteus genannt) wurde abwechselnd durch Nebel bedeckt und heiter. Dieser Einfluß jener Regionen ist, wie Schiaparelli bemerkt, demjenigen gleich, den auf unsrer Erde Sandbänke und Untiefen auf die Luftschichten ausüben; der genannte Astronom schließt daher, daß jene Regionen auf dem Mars Gegenden sind, die nicht sehr hoch vom Wasser bedeckt werden und eine Art überschwemmtes Flach- oder Sumpfland bilden. Zahlreiche Kanäle bis zu 100 Kilometer Breite konnten in den Beobachtungen Schiaparellis deutlich erkannt werden, gewiß existieren aber noch viel schmalere, die sich der Wahrnehmung entziehen. Im Verlauf der Untersuchungen kam es einige Mal vor, daß die Atmosphäre über Mailand fast vollkommen ruhig und ungewöhnlich klar wurde. „Dann schien es", sagt Schiaparelli, „als würde plötzlich ein Schleier von dem Planeten fortgezogen und die Oberfläche des Mars zeigte sich wie eine bunte Stickerei." Diese Momente waren leider stets nur sehr kurz. In der Zeit vom Herbst 1879 bis zum März 1880 konnte der Planet Mars von Schiaparelli wiederum genau beobachtet werden, ja die Beobachtungen gelangen noch besser als 1877. Durch diese Untersuchungen gelangte der Mailänder Astronom zu der Überzeugung, daß in den zwei Jahren seit seinen ersten Beobachtungen in einzelnen Teilen der Marsoberfläche merkliche Veränderungen stattgefunden haben. So sind viele Abzweigungen und Kanäle an Orten sichtbar geworden, die auch 1877 sehr gut gesehen wurden. Die „Araxes" genannte Region z. B., deren Gestalt 1877 aufs genaueste festgesetzt werden konnte, zeigte sich 1879 in ganz andern Formen, ferner ist die Ausdehnung der Syrtis magna, an einem kleinern, wie ein absichtlich gesetzter Markstein gelegenen und bestgesehenen Punkte, dem Lacus Moeris, festgestellt.

Man könnte freilich zunächst glauben, daß diese Veränderungen nur scheinbar seien und durch Nebel oder wechselnde Bewölkung hinreichend Erklärung fänden; aber diese Möglichkeit hat sich Prof. Schiaparelli selbst auch vorgelegt, und da er sie abweist, muß man seine Ansicht wohl gelten lassen. Er glaubt, daß jene Veränderungen wirklich stattgefunden haben und entweder durch Schmelzung, Eindringen von Wasser oder Vegetationserscheinungen und ähnliche Neubildungen auf der Marsoberfläche zu erklären seien. „Wir haben hier", sagt Schiaparelli, „eine ganze Welt zum Studium vor uns, deren Aussehen richtig zu deuten und deren physische Verhältnisse mit Sicherheit kennen zu lernen, nur von einer fortgesetzten fleißigen Beobachtung zu erhoffen ist." Die jüngsten Beobachtungen desselben berühmten Astronomen haben endlich die überraschende Thatsache enthüllt, daß sich zahlreiche Kanäle auf dem Mars zu gewissen Zeiten *verdoppeln*, indem neben dem einen noch ein andrer auftritt, der genau dieselbe Richtung einhält. Diese Wahrnehmung ist so seltsam und völlig unerwartet, daß in der That die große wissenschaftliche Autorität Schiaparellis erforderlich ist, um nicht an Täuschung zu glauben, letztere ist aber wirklich ausgeschlossen, denn später haben auch mehrere englische Beobachter die doppelten Kanäle wahrgenommen. Eine Erklärung für diese merkwürdige Erscheinung kann zur Zeit nicht gegeben werden, jedenfalls aber haben wir hier ein Beispiel von Dingen, das uns daran erinnert, wie thöricht es ist, von irdischen Verhältnissen einseitig auf diejenigen fremder Weltkörper zu schließen.

Nördliche unerforschte Region

Lith. Kunst-Anst. v. Aug. Kürth, Leipzig

Die Hemisphären des Mars 1879.

Nach J. V. Schiaparelli.

Südliche Hemisphäre. Nördliche Hemisphäre.

Bald nach Erfindung des Fernrohrs wurde dasselbe, wie es scheint, von Kepler benutzt, um nach einem oder mehreren Monden des Mars zu suchen. Es zeigte sich jedoch keine Spur derselben, und ebenso vergeblich waren die Nachforschungen W. Herschels. Auch d'Arrest unternahm bei der Opposition von 1864 eine planmäßige Nachsuchung mittels des $10^1/_2$ zolligen Refraktors zu Kopenhagen. Er kam zu dem richtigen Ergebnisse, daß ein Marsmond bis zur 12. Größe, wenn er 8 bis 10 Bogenminuten weit von seinem Hauptplaneten entfernt gewesen, seiner Wahrnehmung nicht entgangen wäre, bei größrer Nähe zum Mars konnte freilich ein Stern von dieser Lichtschwäche nicht mehr gesehen werden. Infolgedessen hielt man es für ausgemacht, daß Mars nicht von einem Monde begleitet sei, ja einzelne Schriftsteller suchten sogar nachzuweisen, weshalb Mars keinen Mond haben könnte. Bei der sehr günstigen Opposition des Jahres 1877 zeigte sich das Irrige dieser Anschauungen. Damals war in Washington bereits der 26 zollige Refraktor von Clark aufgestellt und A. Hall benutzte ihn, um nochmals gründlich nach etwaigen Marsmonden zu suchen. Seine Hoffnungen waren dabei von vornherein so gering, daß er fast seinen Vorsatz wieder aufgegeben hätte, wenn ihn nicht seine Gattin zur Ausführung angeregt hätte. Am 10. August begann er die nächste Nachbarschaft um den Mars zu durchmustern, und in der folgenden Nacht gegen $2^1/_2$ Uhr morgens notierte er u. a. auch ein feines Sternchen 71'' nordöstlich von dem Planeten. Die nächste Nacht war trübe, und erst am 15. konnte die Arbeit wieder aufgenommen werden; allein ein Gewittersturm, der Abends ausbrach, hatte die Atmosphäre in schlechten Zustand versetzt, und Mars sah so verwaschen aus, daß eine genaue Prüfung aussichtslos war. Am 16. August wurde das Objekt wieder gefunden, und zwar auf der nachfolgenden Seite des Planeten, auch zeigten die Beobachtungen dieser Nacht, daß es sich mit dem Planeten bewege. Am folgenden Abende, als Prof. Hall auf diesen (äußeren) Satelliten wartete, sah er den innern. Die am 17. und 18. August angestellten Beobachtungen nahmen jeden Zweifel über den Charakter beider Objekte und ihre Entdeckung wurde am letzten Tage vom Admiral Rodgers veröffentlicht. Mehrere Tage hindurch war der innere Satellit ein Rätsel. Er zeigte sich in ein und derselben Nacht an verschiedenen Seiten des Planeten, und Prof. Hall dachte infolgedessen an zwei oder drei innere Monde, da es ihm sehr unwahrscheinlich erschien, daß ein Satellit in kürzerer Zeit um seinen Zentralkörper rotiere, als dieser um seine Achse. Um hierüber ins klare zu kommen, verfolgte er den Mond während der Nacht des 20. und 21. August unausgesetzt und fand, daß in der That nur ein innerer Mond vorhanden sei, der seinen Umlauf in weniger als ein Drittel der Zeit vollführe, die Mars zur Rotation bedarf — ein Fall, der einzig im Sonnensystem dasteht.

Die Entfernung des äußeren Mondes vom Zentrum des Mars beträgt 3,458 Halbmesser des Mars oder 23300 Kilometer, diejenige des innern 1,385 Marsdurchmesser oder 9300 Kilometer, ja dieser letztere Mond kann einem Punkte der Marsoberfläche bis auf 6000 Kilometer nahe kommen: das ist eine Entfernung geringer als diejenige von England nach der Südspitze Afrikas. Der äußere Marsmond läuft um seinen Planeten in $30^1/_4$ Stunden in der Richtung von West

nach Ost. Da sich nun Mars selbst in 24,6 Stunden in gleicher Richtung um seine Achse dreht, so kommt der genannte Mond für einen Beobachter auf dem Mars scheinbar nicht so rasch vorwärts als seiner wahren Geschwindigkeit entspricht, er braucht vielmehr 132 Stunden um wieder in dieselbe Himmelsrichtung zu gelangen. Für den innern Mond tritt sogar, vom Mars gesehen, die Eigentümlichkeit ein, daß seine Bewegung derjenigen des äußeren entgegengesetzt ist. Seine Umlaufszeit beträgt nämlich nur $7^2/_3$ Stunden, er bewegt sich also stündlich um einen Bogen von nahezu 47 Grad ostwärts, während Mars sich nur stündlich um $14^3/_5$ Grad dreht. Daher kann die wahre Bewegung des innersten Marsmondes nicht durch die Umdrehung des Mars selbst verdeckt werden. Die etwaigen Bewohner des Mars sehen also ihren nächsten Mond abweichend von allen übrigen Himmelskörpern im Westen auf- und im Osten untergehen.

Gleich nach Entdeckung der Marsmonde tauchten viele Vorschläge zu Namen für dieselben auf. Hall wählte die von Madan in Eton vorgeschlagene Benennung Deimos für den äußern, Phobos für den innern Mond. Diese Namen, Furcht und Schrecken, sind der griechischen Mythologie entlehnt, wo sie die Söhne des Ares bezeichnen, die sein Gespann anschirren, während er selbst sich zum Kampfe rüstet.

Wenn man glauben wollte, daß die beiden Marsmonde die Nächte dieses Planeten in irgend erheblicher Weise erhellten, so würde dies sehr irrig sein. Deimos befindet sich, wie sich durch Rechnung feststellen läßt, für einen Ort der Marsoberfläche 72 Stunden lang unter dem Horizonte und nur 60 Stunden über demselben; Phobos $6^1/_2$ Stunde unter und $4^1/_2$ Stunde über dem Horizont. Endlich zeigen die Monde einem Beobachter auf dem Mars nie Vollicht, weil sie alsdann im Schatten des Hauptplaneten stehen und folglich verfinstert sind. Mars sieht also nur die Phasen seiner Monde; und den Polargegenden desselben sind diese überhaupt unsichtbar. Die wirklichen Durchmesser beider Monde sind zudem sehr gering, von der Erde aus erscheinen sie nur als Punkte, aber man hat aus ihrer geringen Helligkeit geschlossen, daß der äußere Mond höchstens 2, der innere $1^1/_2$ deutsche Meilen im Durchmesser hat.

Wir sehen, welche wundervolle und reiche Mannigfaltigkeit der Planet Mars unserm Forschen darbietet, aber dennoch hat diese Welt etwas uns gewissermaßen heimatlich Erscheinendes im Vergleich zu den Bildungen, auf welche wir weiterhin treffen werden.

Ein weiter, dunkler Raum, lange für eine öde Wüste gehalten und auch jetzt nur durch die Wissenschaft mit einer Schar seltsam kleiner Weltkörper bevölkert, trennt uns noch von einem Reiche wunderbarer, gewaltiger Gestalten, für welche der irdische Maßstab nicht mehr ausreicht. Diese weite, 74 Millionen Meilen umfassende Kluft, welche die erdeverwandten, sonnennahen Planeten von den fernen Riesenwelten unsres Systems scheidet, ist das Ziel unsres nächsten Ausfluges.

Geburtshaus von Gauß.

Fünftes Kapitel.

Die Planetoiden.

So im Kleinen ewig wie im Großen
Wirkt Natur, wirkt Menschengeist, und beide
Sind ein Abglanz jenes Urlichts droben,
Das unsichtbar alle Welt erleuchtet.

Die Geschichte des Weltraumes zwischen dem eben verlassenen Mars und dem noch 74 Millionen Meilen fern von uns schwebenden Jupiter ist eine der anziehendsten Episoden in der Geschichte der Wissenschaft, und nirgends tritt so deutlich die Bereitwilligkeit hervor, mit welcher der Zufall seine Hand bietet, sobald die Hilfsmittel der Beobachtung und die theoretische Kenntnis der Gesetze gemeinsam in ein gewisses Stadium ihrer Entwickelung getreten sind.

Allen wichtigen Wendepunkten in der Geschichte der Wissenschaft pflegt ein allgemeines, ahnungsvolles Drängen auf ein nahes, wenn gleich oft kaum erreichbar scheinendes Ziel voranzugehen. Jenes dunkle philosophische Vorgefühl der Alten von dem Dasein zahlreicher ungesehener Planeten im Himmelsraume war seit Kepler zu einer bewußten, auf kosmische, freilich noch nicht wissenschaftlich zu begründendende Verhältnisse gestützten Vermutung geworden. Seit man die

Abstände der Planeten voneinander genauer kennen gelernt hatte, mußte auch die große Lücke zwischen Mars und Jupiter immer auffälliger erscheinen. Ein mystisches Zahlenspiel war es zwar zunächst, worin jene Ahnung ihren Ausdruck fand. Die Sphärenharmonie der Alten war noch nicht ganz verklungen, und der bezaubernde Sang der Sirenen, denen Plato einst ihren Sitz auf den Planetensphären angewiesen hatte, hallte selbst noch in den Ohren eines Kepler wider. Es waren Analogien der Tonverhältnisse mit den Abständen der Planeten, auf welche der berühmte Entdecker der Gesetze der Himmelsbewegungen die kühne Vermutung der Existenz eines noch ungesehenen Planeten in der großen planetenlosen Kluft zwischen Mars und Jupiter gründete. Die wissenschaftliche Weltanschauung entkleidete sich im Laufe der Jahrhunderte ihres poetischen Schmuckes, und um die Mitte des 18. Jahrhunderts begegnet uns nur noch ein nüchternes Zahlenspiel. Der Wittenberger Astronom Titius machte um diese Zeit den Versuch, die Abstände der Planeten auf eine Zahlenreihe zurückzuführen. Wenn man den Abstand des äußersten Planeten Saturn von der Sonne in 100 Teile einteilt, sagte er, so kommen vier solche Teile auf den Abstand des Merkur, $4 + 3 = 7$ derselben auf den Abstand der Venus, $4 + 6 = 10$ auf den der Erde, $4 + 12 = 16$ auf den des Mars. Dann aber tritt eine Lücke in dieser Reihe ein, die durch Verdoppelung der Unterschiede fortschreitet. Erst Jupiter und Saturn entsprechen wieder weiteren Gliedern derselben. Jene Lücke, welcher die Zahl 28 für den Abstand von der Sonne entsprechen sollte, glaubte nun Titius mit den unbekannten Trabanten des Mars oder des Jupiter ausgefüllt. Auch andre Astronomen begannen sich mit solchen Reihen zu beschäftigen, und vor allen Bode, nach dem sogar diese Reihe, die nicht einmal den einfachsten Bedingungen einer arithmetischen Reihe genügt, den Namen des Bodeschen Gesetzes erhielt.

Gleichwohl schien jenes Zahlenspiel durch Herschels Entdeckung eines neuen Planeten an den Grenzen unsres Systems eine gewisse Bestätigung zu erhalten; denn auch der Uranus paßte in die Reihe. Die Erwartung, nun jene Lücke zwischen Mars und Jupiter durch eine ähnliche Entdeckung ausgefüllt zu sehen, ward immer lebhafter, und wenn auch die Philosophen der damaligen Zeit, selbst der große Philosoph von Königsberg, sich schnell jeder Sorge durch den Gedanken zu entledigen wußten, daß der vermutete Planet von der gewaltigen Masse des Jupiter aufgezehrt sei, so glaubten die Astronomen bescheiden seine Abwesenheit aus den Mängeln der bisherigen Beobachtung zu erklären. Für die Astronomen galt es also Versäumtes nachzuholen, und dazu rüstete man sich in der That mit einem bewundernswürdigen Eifer. Am 21. September des Jahres 1800 trat sogar eine Gesellschaft von Astronomen zu dem Zwecke einer systematischen Aufsuchung des zwischen Mars und Jupiter vermuteten Planeten zusammen. Vierundzwanzig über ganz Europa zerstreute Astronomen sollten sich nach diesem Plane in den Tierkreis teilen, jeder eine genaue Himmelskarte seines Departements bis zu den kleinsten teleskopischen Sternen entwerfen und durch wiederholte Revision am Himmel sich des unverrückten Zustandes seines Distriktes oder jedes wandernden fremden Gastes versichern. Durch eine solche streng organisierte, in 24 Departe-

ments abgeteilte Himmelspolizei hoffte man endlich dem so lange menschlichen Blicken verborgenen Planeten auf die Spur zu kommen. Ehe aber noch diese Gesellschaft ihre Thätigkeit recht entfalten konnte, kam ihr der Zufall zuvor.

Es war am ersten Tage des 19. Jahrhunderts, am 1. Januar 1801, als dem Astronomen Piazzi in Palermo, der sich bereits seit neun Jahren mit der Aufstellung seines berühmten Sternverzeichnisses beschäftigte, beim Aufsuchen eines kleinen Sternes im Stier der Zufall jenen lange gesuchten Stern in das Feld seines Fernrohres führte. Ohne eine Ahnung von der Bedeutung seiner Beobachtung zu haben, notierte er nur die Stellung dieses Sternes, der etwa achte Größe zeigte. Auch als er am andern Abende nach seiner Gewohnheit, jede Bestimmung zu wiederholen, den Stern aufs neue beobachtete und eine auffallende Abweichung von der ersten Beobachtung erkannte, glaubte er die Ursache nur in Fehlern seiner Notierung sehen zu dürfen. Als sich aber diese Ortsveränderung in den folgenden Tagen wiederholte, und zwar mit unverkennbarer Regelmäßigkeit, da konnte er sich nicht mehr die freudige Gewißheit verbergen, daß er die Entdeckung eines wirklichen Wandelsternes gemacht habe. Nur darüber durfte er noch im Zweifel bleiben, ob er es mit einem eigentlichen Planeten oder mit einem eigentümlichen schweiflosen Kometen zu thun habe. Es war, wie die Folge lehrte, in der That ein Planet, der noch heute den Namen führt, den ihm der Entdecker gab; es war die Ceres.

Leider versäumte Piazzi, in dem Verlangen, mit der Ehre der Entdeckung auch die Ehre der ersten Berechnung zu vereinigen, die sofortige Veröffentlichung seiner Entdeckung. Erst am 24. Februar gab er Bode eine Nachricht. Aber ehe bei der Langsamkeit des damaligen Verkehrs, der zumal durch die Napoleonischen Kriegswirren noch erschwert wurde, diese Nachricht nach Deutschland gelangte, waren drei Monate vergangen, und die Ceres hatte sich längst wieder in den Sonnenstrahlen verborgen. Ihr Wiederauffinden schien abermals dem Zufalle anheimgegeben, und das war eine trostlose Aussicht. Aber es scheint, als ob damals sich alles vereinigen sollte, die unbekannten Welten ihrer langen Verborgenheit zu entreißen.

Wir müssen uns die Gefahr, in welcher diese neue Entdeckung schwebte, in ihrer ganzen Größe vorstellen. Die Lehre von der Bahnbestimmung der Himmelskörper lag damals noch sehr im argen. Durch die unsterblichen Thaten eines Kepler und Newton war man allerdings in den Stand gesetzt, die Bahnen der Planeten mit großer Genauigkeit zu berechnen, aber nur mit Hilfe der bekannten Umlaufszeiten. Wenn ein Weltkörper sich nur auf kurzen Bahnstrecken der Beobachtung zugänglich erwies, wie die Kometen, sah man sich gezwungen, die wahre elliptische Bahnform durch eine parabolische zu ersetzen und so ins Unbestimmte, Unendliche hin auszudehnen, um wenigstens für den kurzen Lauf in der Nähe der Sonne genügende Bestimmungen zu erlangen. Wenn der berühmte Halleysche Komet des Jahres 1759 eine Ausnahme zu machen scheint, so gelang die Berechnung seiner elliptischen Bahn doch auch nur dadurch, daß man auf frühere Erscheinungen desselben Kometen zurückging, also eine bekannte Umlaufszeit

zu Grunde legte. Auch bei dem neuentdeckten Planeten Herschels, dem Uranus, waren die Schwierigkeiten nicht bedeutend, teils wegen der nahezu kreisförmigen Gestalt seiner Bahn, teils weil seine Lichtstärke und die Langsamkeit seiner Bewegung sein Wiederauffinden wesentlich erleichterten. Ganz anders gestaltete sich die Lage für die Entdeckung Piazzis. Hier war ein Himmelskörper nach nur wenigen Tagen der Beobachtung verloren gegangen. Hier also trat in unerbittlicher Strenge die Forderung an die Astronomen des 19. Jahrhunderts, die Lösung des großen Problems zu vollbringen: die geschlossene Bahn eines Weltkörpers zu bestimmen aus Beobachtungen, die nur wenige Tage umfassen. Gelang diese Lösung nicht — und die größten Astronomen bezweifelten sie — so war der eben gewonnene Fund vielleicht unwiederbringlich verloren. Da war es einer der größten Geister aller Jahrhunderte, der kaum 24jährige Gauß, welcher die junge Ceres ihrem Schicksale entriß, indem er die Lösung jenes für unlösbar gehaltenen Problems vollzog. Ich darf diese Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne mit einigen Worten der Lebensverhältnisse dieses größten mathematischen Genius, den je die Erde trug, hier zu gedenken. Karl Friedrich Gauß ward geboren am 30. April 1777 als der Sohn eines armen Bäckers. Schon in früher Jugend gab er glänzende Proben seines erstaunlichen Scharfsinnes in Lösung mathematischer Probleme. In den Jahren 1792 bis 1795 besuchte er das Collegium Carolinum in Braunschweig und studierte dann von 1795 bis 1798 auf der Universität Göttingen. Als er von der Entdeckung Piazzis hörte und von der Verzweiflung aller Astronomen und Mathematiker, die Bahn des neuen Planeten zu bestimmen, widmete er dem Probleme seine Aufmerksamkeit und gab die Lösung der Aufgabe in einer solchen Weise, daß selbst bis heute keine wesentliche Vervollkommnung derselben möglich erscheint. Gauß berechnete nach seinen Formeln die Bahn und den scheinbaren Ort der Ceres und veröffentlichte seine Untersuchungen. Aber die Astronomen hatten so wenig Vertrauen zu der Arbeit des jungen, unbekannten Mannes, daß sie dieselbe nicht einmal genauer ansahen. Nur Olbers in Bremen, seines Standes Arzt, aber einer der tüchtigsten damaligen Himmelsforscher, prüfte die Untersuchung von Gauß genauer und überzeugte sich von ihrer großen Bedeutung. Er legte sie seinen Nachforschungen zum Grunde und fand in der That am 1. Januar 1802 die Ceres sehr nahe an dem Orte, welchen die Formeln von Gauß ihr anwiesen. Das war der größte Triumph für den Mathematiker und die Wissenschaft, und von besonderer Bedeutung deshalb, weil es in der Folge nicht bei einem Planeten zwischen Mars und Jupiter blieb, sondern eine ganze Schar derselben aufgefunden wurde, deren Bahnen sich gegenseitig durchkreuzen. Es konnte nicht fehlen, daß für Gauß selbst die Anerkennung der wissenschaftlichen Welt nicht ausblieb. Im Jahre 1807 wurde er ordentlicher Professor der Mathematik und Direktor der Sternwarte in Göttingen, und fuhr unermüdlich fort, die Wissenschaft mit den wichtigsten Lehrsätzen und Untersuchungen zu bereichern. Welchem Gebiete er sich auch zuwandte, allenthalben eröffnete sein großer Geist neue, auf Anwendung der Mathematik basierende Bahnen. So trat z. B. die Theorie des Erdmagnetismus sofort in ein ganz neues Stadium der

Entwickelung, als Gauß sich damit zu beschäftigen begann. Von besonderer Wichtigkeit für die Astronomie ist noch seine „Methode der kleinsten Quadrate“, durch welche es möglich wird, aus einem Komplex von Beobachtungen die wahrscheinlichsten Werte abzuleiten. Hoch betagt starb der deutsche Newton am 23. Februar 1855, von der Mit- und Nachwelt als der erste Mathematiker aller Zeiten bewundert.

Wenden wir uns wieder den kleinen Planeten, der Entdeckung Piazzis und der Wiederauffindung der Ceres durch Olbers zu.

Wenige Monate nach dieser glücklichen That führte der Zufall den Bremer Astronomen Olbers zu einer neuen Entdeckung. Als er am 28. März 1802 die Ceres beobachtete, bemerkte er ganz in ihrer Nähe einen kleinen Stern, der nach seiner genauen Kenntnis dieses Teils des Himmels noch nie zuvor dort gestanden haben konnte. Fortgesetzte Beobachtungen erwiesen bald die Beweglichkeit dieses Gestirns. Es war ein Glück, daß die Ceres damals bereits wiedergefunden war, sonst hätte die Verwirrung noch dadurch gesteigert werden können, daß man diesen zweiten Planeten, zumal bei der auffallenden Ähnlichkeit der Bewegungen, für eine Wiedererscheinung des ersteren gehalten hätte. Dabei lag zugleich etwas so Überraschendes und so ganz allen damaligen Vorstellungen von der Weltordnung Widersprechendes in dem Gedanken, daß man in jener Lücke zwischen Mars und Jupiter nun statt eines Planeten zwei oder wohl gar mehrere neben und miteinander kreisende erblicken sollte, daß selbst Zach den neu entdeckten Fremdling nur unter dem Namen eines Kometen zu verkünden wagte, und daß Herschel ihm wie der Ceres nur die Benennung von Asteroiden zugestehen wollte. Man hat damals dem großen Astronomen den ungerechten Vorwurf gemacht, er habe den ersten Entdeckern dieser Weltkörper eine Ehre nicht vergönnt, die ihm, dem Entdecker des Uranus, sie an die Seite gestellt hätte. Aber Herschel war in der That so von den sonderbarsten Vorstellungen über das Wesen dieser neuen Gestirne erfüllt, die er für ein Mittelding zwischen Planeten und Kometen gehalten wissen wollte, daß er dadurch sogar die Schönheit und den Schmuck unsres Systems noch mehr erhöht meinte, als es selbst durch Entdeckung eines neuen Planeten hätte geschehen können. Die Berechnungen des scharfsinnigen Gauß erwiesen bald die wahre Planetennatur des neuen Gestirns, dem man den Namen Pallas gab.

Der seltsame Umstand, daß zwei Planeten nahe in derselben mittleren Entfernung ihre Bahnen um die Sonne durchlaufen, die Kleinheit dieser Körper, die nur mit Teleskopen gesehen werden konnten, die eigentümliche Lage ihrer Bahnen, die an einer Stelle einander fast begegnen, das alles leitete Olbers auf den sinnreichen Gedanken, daß man hier vielleicht nur die Bruchstücke eines größeren, durch irgend eine unbekannte Katastrophe zertrümmerten Planeten vor sich habe. Es lag also die Vermutung nahe, daß noch andre solche Bruchstücke durch ein aufmerksames und zweckmäßig geordnetes Suchen am Himmel gefunden werden möchten. Es war aber auch ferner notwendig, wenn die Olberssche Ansicht die richtige war, daß die Bahnen aller dieser Planetenbruchstücke sehr nahe in denjenigen Punkten des Raumes zusammentreffen mußten, wo die Katastrophe des ursprünglichen

Planeten stattgefunden hatte. Für Ceres und Pallas waren es die Sternbilder des Walfisches und der Jungfrau, in welchen eine solche Annäherung stattfand, und diese Sternbilder mußten es also auch sein, auf welche die fernere Aufmerksamkeit der Planetensucher sich zu richten hatte.

Jedenfalls war es jetzt nicht mehr ein bloßer Zufall zu nennen, wenn Harding in Lilienthal bei der Vergleichung seiner zu diesem Zwecke angefertigten Himmelskarten mit dem Himmel selbst am 1. September 1804 in den Fischen einen Stern siebenter bis achter Größe auffand, den er bald als einen neuen Planeten, den dritten in der Gruppe zwischen Mars und Jupiter erkannte. Es schien zugleich, als ob die Olberssche Hypothese durch diese Entdeckung eine gewisse Bestätigung erhalten sollte, da die Berechnung zeigte, daß auch die Bahn dieses Planeten, der den Namen Juno erhielt, die Ebene der Ceresbahn nicht weit von dem Orte kreuzte, an welchem auch die Pallasbahn der Bahn der Ceres sich näherte. Aber eine neue scheinbare Bestätigung ward dieser Hypothese durch Olbers selbst. Am 29. März 1807 entdeckte er in dem Sternbilde der Jungfrau, also an einer der beiden Stellen des Himmels, die er selbst der Nachforschung empfohlen hatte, den vierten Planeten in dieser Reihe, die Vesta.

Ich möchte den Leser aber keineswegs zu dem irrigen Glauben verleiten, als ob Vermutungen in der Wissenschaft stets von solchen glücklichen Erfolgen gekrönt wären. Die Hemmnisse und Nachteile, die sie der Forschung bereiten, sind weit häufiger und weit bedeutender. Auch hier blieben sie nicht aus. Es ist klar, daß durch jene Ansicht, alle noch zu entdeckenden Himmelskörper jener Gruppe müßten einmal in ihrem Laufe um die Sonne die Sternbilder der Jungfrau und des Walfisches passieren, der Nachforschung gewisse Schranken gezogen und damit die Aussichten auf Erfolg notwendig verringert werden mußten. Nachdem daher Olbers und Harding jahrelang den Himmel auf das sorgfältigste durchsucht hatten, ohne neue Planeten zu finden, begann man sich allmählich an den Gedanken zu gewöhnen, daß die Zahl dieser Welten nun abgeschlossen sei.

Der lange Zeitraum der Ruhe, welcher jetzt eintrat, wurde durch ein Unternehmen ausgefüllt, das wesentlich dazu beitrug, eine neue Epoche der Entdeckungen herbeiführen. Es war die Ausführung genauer Sternkarten, welche die ganze Äquatorialzone des Himmels in einer Breite von 30 Graden und alle Sterne von erster bis neunter Größe umfassen sollten. Bessel in Königsberg hatte sie angeregt, die Akademie der Wissenschaften in Berlin übernahm die Herausgabe. Diese Karten gelangten auch in die Hände von Dilettanten und gewährten in Verbindung mit der gleichzeitigen Verbreitung guter Fernrohre auch diesen einen Anteil an der astronomischen Forschung. Sie gestatteten bei der Treue des Bildes, das sie von dem betreffenden Teile des Himmels gaben, durch öfteres Vergleichen mit dem wirklichen Himmel jede Veränderung leicht zu ermitteln. Jedenfalls hat die damals schon beginnende Verbreitung der astronomischen Wissenschaft in die verschiedensten Kreise des Volkes, ihr schon durch die vorangegangenen großen Entdeckungen bedingtes Heraustreten aus der Enge der Studierzimmer, einen wesentlichen Anteil an der reichen Entdeckungsepoche gehabt, die mit dem Jahre 1845 ihren

Anfang nahm und noch nicht geschlossen ist. Gerade für Dilettanten hatte es etwas besonders Lockendes, auf eine verhältnismäßig leichte Art sich einen bleibenden Namen in der Wissenschaft zu erwerben. Es bedarf nämlich dazu nur einer genauen Vergleichung des Himmels im Fernrohre mit der nebenliegenden Karte. Die nachstehende Figur macht uns das Prinzip bei Aufsuchung eines neuen Planeten deutlich. Wir sehen rechts den Raum des Himmels, auf welchen das Fernrohr gerichtet ist, kreisförmig abgegrenzt durch das Gesichtsfeld des Instruments. Links liegt die aufgeschlagene Karte, und zu größerer Verdeutlichung ist das Gesichtsfeld des Fernrohres durch einen punktierten Kreis bezeichnet. Der Stern, dessen scheinbarer Lauf rechts durch den Pfeil angedeutet ist, findet sich nicht in der Karte, welche nur die feststehenden oder Fixsterne enthält: er muß also ein Planet sein.

Ekliptische Karte zum Zwecke der Auffindung kleiner Planeten.

Einem Dilettanten war es denn auch vorbehalten, die Reihe der Entdeckungen zu eröffnen. Dem ehemaligen Posthalter Hencke in Driesen glückte es am 8. Dezember 1845, den fünften dieser Reihe, die Asträa zu entdecken. Hencke war geboren am 8. April 1793 zu Driesen in der Neumark, wo sein Vater die Stelle eines Stadtkämmerers bekleidete. Als freiwilliger Jäger machte er die Freiheitskriege mit, wobei er in der Schlacht bei Lützen verwundet wurde, war dann in einigen Orten Postbeamter und wurde zuletzt mit einer kleinen Pension auf seinen Wunsch aus dem Staatsdienste entlassen. Seine Mußestunden widmete er der Musik sowie der Himmelskunde und beschäftigte sich seit dem Jahre 1825 mit Herstellung von Himmelskarten im Maßstabe einer Kugel von 14 Fuß (etwa $4^1/_2$ m) Durchmesser. Ein Fraunhofersches Fernrohr von 72 mm Öffnung war das einzige Instrument, das ihm zu Gebote stand. Sein Bestreben war, alle in diesem Fernrohre sichtbaren Sterne in seine Karten einzutragen. Wie mühsam diese Arbeit sein mußte, läßt sich ermessen, wenn man erwägt, daß das Observatorium dieses Beobachters auf dem Speicher seines kleinen Wohnhauses sich befand!

In einer Höhe von $1^1/_2$ m waren an der südlichen Dachseite einige Dachziegel so befestigt, daß sie leicht herausgenommen werden konnten; an einer so frei werdenden Latte wurde eine Nuß angeschraubt, welche eine hölzerne Rinne trug, und in diese wurde das Fernrohr gelegt und mit Bindfaden befestigt. Auf einem nebenstehenden Tische breitete Hencke gewöhnlich seine Karte aus und begann in diese jeden Stern einzutragen, den er in seinem Fernrohre sah. Die spätere Vergleichung der auf solche Weise durchmusterten Himmelsgegend zeigte dann, ob sich unter den eingetragenen Sternen solche befanden, die ihren Ort am Himmel veränderten. So fand Hencke die Asträa, so auch später die Hebe. Der von ihm eingeschlagene Weg wird noch heute von allen Planetoidensuchern verfolgt, wie ich bereits oben näher auseinandersetzte. Ein seltsamer Wettstreit begann jetzt. Astronomen und Dilettanten aller Nationen beeiferten sich, unsre Weltordnung mit neuen Bürgern zu bevölkern. Die Fülle der sich nun drängenden Entdeckungen war also keineswegs mehr ein bloßes Werk des Zufalls, sondern wesentlich eine Folge glücklicher und fleißiger Benutzung der vorhandenen Sternkarten.

Wir dürfen uns aber auch die Arbeit, die jetzt noch erforderlich war, keineswegs gering vorstellen. Die kleinen Planeten, die man entdecken wollte, besitzen meist nur das Licht von Sternen neunter bis elfter Größe. Die besten bis dahin vorhandenen Karten, die Berliner, enthielten aber höchstens nur Sterne neunter Größe. Es galt also mindestens diese zu vervollständigen. Nun umfaßt der Tierkreis, in welchem die Planeten aufzusuchen sind, 24 sogenannte Stunden. Eine der sternärmsten dieser Stunden, die zehnte des Tierkreises, enthält nur zehn dem bloßen Auge sichtbare Sterne, dagegen mehr als 3000 Sterne erster bis elfter Größe, von denen wieder die Hälfte auf die beiden letzten Größenklassen allein kommt. Welche Zeit und Ausdauer gehört also dazu, nicht allein solche Karten herzustellen, sondern vollends sie mit dem wirklichen Himmel beständig zu vergleichen! Bedeutend vereinfacht wird diese Arbeit allerdings durch einen Umstand, der aber, so nahe er zu liegen scheint, doch erst spät praktische Beachtung fand. Wir wissen, daß jede Planetenbahn die Ebene der Erdbahn, die Ekliptik, notwendig in zwei Punkten schneidet, die man den auf- und niedersteigenden Knoten nennt. Mindestens zweimal in seinem Laufe um die Sonne muß also jeder Planet in der Nähe der Ekliptik gesehen werden. Es ist daher nur nötig, eine schmale Zone um die Ekliptik mit großer Sorgfalt zu durchmustern, um sicher zu sein, alle Planeten im Laufe der Zeit zu entdecken, wenn sie eben im Begriffe sind, einen der beiden Knoten ihrer Bahn zu passieren.

Das größte Verdienst um die praktische Verwertung dieses Gedankens gebührt jedenfalls Russel Hind, damals Astronom an der Privatsternwarte des Herrn Bishop in Twickenham bei London. Seine Karten umfassen eine Zone von 3 Grad zu beiden Seiten der Ekliptik und enthalten alle Sterne bis zur elften Größe. An sie knüpfen sich die außerordentlichsten Erfolge; gelang es doch Hind selbst in dem kurzen Zeitraum von sieben Jahren zehn neue Planeten zu entdecken! Später begannen auch Chacornac in Marseille und de Gasparis in Neapel solche und zum Teil noch umfassendere Ekliptikalkarten zu entwerfen,

und auch ihre Bemühungen wurden reichlich belohnt. Von der Reichhaltigkeit solcher Sternkarten will ich hier eine Darstellung geben. Wir sehen hier ein kleines Kärtchen, welches einen Teil des Sternbildes der Zwillinge enthält, wie sich dieser dem bloßen Auge darstellt. Dasselbe Stück des Himmels, wie es in dem großen Foucaultschen Teleskope erscheint, ist weiterhin (auf S. 277) getreu nach Chacornacs ekliptischem Atlas reproduziert.

Man glaube ja nicht, alle diese Sterne seien nur oberflächlich eingetragen, um den allgemeinen Eindruck annähernd wiederzugeben, vielmehr ist jedes Sternchen sorgfältig nach Lage und Helligkeit eingezeichnet, so daß, wenn sich bei Vergleichung mit dem Himmel ein Sternchen zeigt, das sich nicht in dieser Karte findet, sofort seine planetarische Natur dadurch höchst wahrscheinlich wird. Ist aber auch durch solche Hilfsmittel das Aufsuchen von Planeten am Himmel wesentlich erleichtert und bereits zu einer mehr oder minder bloß mechanischen Fertigkeit im Vergleichen der Karten mit dem Himmel herabgesunken, so bleibt doch dem Zufall noch immer ein bedeutender Spielraum, und in der That hat er bisweilen eine merkwürdige Rolle gespielt. Den besten Beweis dafür liefert ein Ereignis aus dem Leben eines der thätigsten und glücklichsten Planetenentdecker, des Malers Hermann Goldschmidt in Paris. Am Abend des 22. Mai 1836 kehrt er in sein bescheidenes, im sechsten Stockwerk gelegenes Zimmer zurück, das ihm gleichzeitig als Malerwerkstatt, Schlafkammer und Sternwarte dient. Er findet sein Zimmer gescheuert, und um seine gewohnten Himmelsbeobachtungen, mit denen er zur Erholung von den Malerarbeiten des Tages oft ganze Nächte ausfüllt, nicht auszusetzen, begibt er sich unter das Dach des Hauses. Er richtet sein Fernrohr aus einer Dachluke von ungefähr auf eine Gegend des Himmels, die er von seinem Zimmer aus nicht einmal hätte sehen können, und — siehe da! — er erspäht einen neuen Planeten, die Daphne!

Teil des Sternbildes der Zwillinge, gesehen mit bloßem Auge.

Als die Planetenentdeckungen sich in so überraschender Weise mehrten, hat es sich mehr als einmal ereignet, daß derselbe Planet gleichzeitig oder doch kurz hintereinander von mehreren Beobachtern entdeckt wurde. Zu wiederholten Malen kam es vor, daß zwei Planeten in einer einzigen Nacht, einmal sogar von demselben Beobachter aufgefunden wurden. Namentlich seit dem Jahre 1854 häuften sich die Entdeckungen in so überwältigender Weise, daß infolge der Überbürdung mit zeitraubenden Berechnungen und Beobachtungen neuer Himmelskörper die Astronomen nicht mehr Schritt halten konnten. Mancher Planet geriet in Gefahr, kaum gefunden wieder verloren zu gehen, und die Wiederauffindung solcher Planeten ward bald ein nicht geringeres Verdienst als die Entdeckung neuer. Höchst bezeichnend für diese Periode unsrer Wissenschaft ist die Aufforderung, welche bei Gelegenheit einer solchen Gefahr, welche der kaum aufgefundenen Daphne drohte, der Observator an der Sternwarte zu Altona im Jahre 1856 erließ, man möge doch in den Entdeckungen eine mehrjährige Pause eintreten lassen. Daß dieser naiven Aufforderung gleichwohl aus

sehr begreiflichen Gründen keine Folge gegeben ward, haben die letzten Jahre bewiesen.

Ich werde nun versuchen, in kurzer Übersicht die Reihe der Entdeckungen vorzuführen, welche Hencke mit seiner Asträa eröffnete, und welche im Laufe von 13 Jahren, bis zum Schlusse des Jahres 1858, die Zahl der Planetoiden schon auf 55 vermehrten.

Es war zunächst wieder Hencke in Driesen, welcher am 1. Juli 1847 seinen zweiten Planeten, die Hebe, auffand. Darauf folgte am 13. August desselben Jahres die Entdeckung der Iris und am 18. Oktober die der Flora durch Hind. Das Jahr 1848 brachte nur einen neuen Planetoiden, die Metis, welche Graham, Astronom an der Sternwarte zu Markree-Castle in Irland, am 25. April entdeckte. Das Jahr 1849 ist gleichfalls nur durch eine Entdeckung bezeichnet, durch die der Hygiea, welche de Gasparis in Neapel am 12. April auffand. Zahlreicher wurden die Entdeckungen in den folgenden Jahren. Im Jahre 1850 wurde die Parthenope am 11. Mai von de Gasparis, die Viktoria am 13. September von Hind, die Egeria am 2. November abermals von de Gasparis entdeckt. Darauf fand im Jahre 1851 Hind am 19. Mai die Irene, de Gasparis am 29. Juli die Eunomia. Das Jahr 1852 gehört zu den glücklichsten auf diesem Felde der Entdeckungen, indem es unsrer Kenntnis der Planeten acht neue zuführte. Jetzt begann man zuerst, jene alte, nun bedeutungslos gewordene Sitte besonderer Zeichen für die Planeten aufzugeben und statt deren auf den Vorschlag des amerikanischen Astronomen Gould die in einen Kreis eingeschlossenen Nummern der chronologischen Reihe der Entdeckungen einzuführen. Die Reihe der Planeten des Jahres 1852 eröffnete die Psyche, am 17. März von de Gasparis entdeckt; darauf folgt die Thetis, am 17. April von Luther, Direktor der Sternwarte zu Bilk bei Düsseldorf, aufgefunden; dann die Melpomene, am 24. Juni, und die Fortuna, am 22. August von Hind entdeckt; darauf die Massalia am 19. September von de Gasparis, die Lutetia am 15. November von Hermann Goldschmidt, die Kalliope am 16. November, und die Thalia am 15. Dezember, beide von Hind entdeckt. Das Jahr 1853 brachte wieder vier neue Planetoiden: am 5. April die Themis, von de Gasparis, am 7. April die Phocäa, von Chacornac, am 5. Mai die Proserpina, von Luther, und am 8. November die Euterpe, von Hind entdeckt. Das Jahr 1854 vermehrte die Zahl der Planetoiden um sechs. Am 1. März wurde die Bellona von Luther und noch in derselben Nacht kaum einige Stunden später die Amphitrite von Marth in London entdeckt, welcher zwei andern Entdeckern, Pogson in Oxford und Chacornac in Paris, dadurch um eine oder zwei Nächte zuvorkam. Darauf folgte die Urania, am 22. Juli von Hind, die Euphrosyne, am 2. September vom amerikanischen Astronomen Ferguson in Washington, die Pomona am 26. Oktober von Goldschmidt, und die Polyhymnia, am 28. Oktober von Chacornac entdeckt. Im Jahre 1855 wurden am 6. April die Circe von Chacornac, am 19. April die Leukothea von Luther und am 5. Oktober wiederum im Zeitraum einer nächtlichen Stunde zwei Planeten, die Atalante von

Goldschmidt und die Fides von Luther aufgefunden. Fünf neue Entdeckungen brachte das Jahr 1856: Am 12. Januar die der Leda und am 8. Februar die der Lätitia durch Chacornac, am 31. März die der Harmonia und am 22. Mai die der Daphne durch Goldschmidt, am 23. Mai die der Isis durch Pogson in Oxford. Das Jahr 1857 hat unsre Kenntnis von der Planetenwelt durch die Entdeckung von acht neuen Planeten bereichert. Pogson entdeckte am 15. April die Ariadne, Goldschmidt am 27. Mai die Nysa und am 27. Juni die Eugenia, Pogson abermals am 16. August die Hestia, Luther am 15. September die Aglaja.

Teil des Sternbildes der Zwillinge, gesehen mit dem Teleskop.

Am 19. September ereignete sich sogar die bis dahin unerhörte Thatsache, daß ein und derselbe Beobachter, Herrmann Goldschmidt, im Laufe einer einzigen Nacht zwei Planeten entdeckte, welche die Namen Doris und Pales erhielten. Am 19. Oktober entdeckte Luther den 50. der Planetoiden, der aber bereits am 4. Oktober von Ferguson in Washington aufgefunden war und von diesem nach dem Rechte des Entdeckers Virginia getauft wurde. Auch das Jahr 1858 hat nochmals fünf Entdeckungen gebracht. Am 24. Januar fand Laurent in Nismes die Nemausa, am 4. Februar Goldschmidt die Europa, am 4. April Luther die

Kalypso; am 10. September endlich entdeckte Goldschmidt die Alexandra und an demselben Tage Georg Searly in Albani die Pandora. Im Jahre 1859 wurden nur zwei Planeten entdeckt, Melete am 9. September von Goldschmidt und Mnemosyne am 22. September von Luther. Dagegen brachte das Jahr 1860 schon wieder fünf Asteroiden: Luther fand am 24. März die Concordia, Goldschmidt am 9. September die Danae, Chacornac am 12. September Elpis, Förster und Lesser am 14. September Erato, Ferguson am 15. September Echo. Noch zahlreicher wurden die Entdeckungen im Jahre 1861 und in der Folgezeit, wie nachstehende Tabelle zeigt.

Übersicht der entdeckten Planetoiden.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
1.	Ceres	1801	Januar	1.	Piazzi	Palermo.
2.	Pallas	1802	März	28.	Olbers	Bremen.
3.	Juno	1804	September	1.	Harding	Lilienthal.
4.	Vesta	1807	März	29.	Olbers	Bremen.
5.	Asträa	1845	Dezember	8.	Hencke	Driesen.
6.	Hebe	1847	Juli	1.	"	"
7.	Iris	"	August	13.	Hind	London.
8.	Flora	"	Oktober	18.	"	"
9.	Metis	1848	April	26.	Graham	Markree.
10.	Hygiea	1849	"	12.	de Gasparis	Neapel.
11.	Parthenope	1850	Mai	11.	"	"
12.	Viktoria	"	September	13.	Hind	London.
13.	Egeria	"	November	2.	de Gasparis	Neapel.
14.	Irene	1851	Mai	19.	Hind	London.
15.	Eunomia	"	Juli	29.	de Gasparis	Neapel.
16.	Psyche	1852	März	17.	"	"
17.	Thetis	"	April	17.	Luther	Bilk.
18.	Melpomene	"	Juni	24.	Hind	London.
19.	Fortuna	"	August	22.	"	"
20.	Massalia	"	September	19.	de Gasparis	Neapel.
21.	Lutetia	"	November	15.	Goldschmidt	Paris.
22.	Kalliope	"	"	16.	Hind	London.
23.	Thalia	"	Dezember	15.	"	"
24.	Themis	1853	April	5.	de Gasparis	Neapel.
25.	Phocäa	"	"	7.	Chacornac	Marseille.
26.	Proserpina	"	Mai	5.	Luther	Bilk.
27.	Euterpe	"	November	8.	Hind	London.
28.	Bellona	1854	März	1.	Luther	Bilk.
29.	Amphitrite	"	"	1.	Marth	London.
30.	Urania	"	Juli	22.	Hind	"
31.	Euphrosyne	"	September	2.	Ferguson	Washington.
32.	Pomona	"	Oktober	26.	Goldschmidt	Paris.
33.	Polyhymnia	"	"	28.	Chacornac	"
34.	Circe	1855	April	6.	"	"
35.	Leukothea	"	"	19.	Luther	Bilk.
36.	Atalanta	"	Oktober	5.	Goldschmidt	Paris.
37.	Fides	"	"	5.	Luther	Bilk.
38.	Leda	1856	Januar	12.	Chacornac	Paris.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
39.	Lätitia	1856	Februar	8.	Chacornac	Paris.
40.	Harmonia	„	März	31.	Goldschmidt	„
41.	Daphne	„	Mai	22.	„	„
42.	Isis	„	„	23.	Pogson	Oxford.
43.	Ariadne	1857	April	15.	„	„
44.	Nysa	„	Mai	27.	Goldschmidt	Paris.
45.	Eugenia	„	Juni	26.	„	„
46.	Hestia	1857	August	16.	Pogson	Oxford.
47.	Aglaja	„	September	15.	Luther	Bilk.
48.	Doris	„	„	19.	Goldschmidt	Paris.
49.	Pales	„	„	19.	„	„
50.	Virginia	„	Oktober	4.	Ferguson	Washington.
51.	Nemausa	1858	Januar	22.	Laurent	Nismes.
52.	Europa	„	Februar	4.	Goldschmidt	Paris.
53.	Kalypso	„	April	4.	Luther	Bilk.
54.	Alexandra	„	September	10.	Goldschmidt	Paris.
55.	Pandora	„	„	10.	Searle	Albani.
56.	Melete	1857	„	9.	Goldschmidt	Paris.
57.	Mnemosyne	1859	„	22.	Luther	Bilk.
58.	Concordia	1860	März	24.	„	„
59.	Elpis	„	September	12.	Chacornac	Paris.
60.	Danae	„	„	9.	Goldschmidt	„
61.	Echo	„	„	15.	Ferguson	Washington.
62.	Erato	„	„	14.	Förster und Lesser	Berlin.
63.	Ausonia	1861	Februar	11.	de Gasparis	Neapel.
64.	Angelica	„	März	5.	Tempel	Marseille.
65.	Cybele	„	„	9.	„	„
66.	Maja	„	April	10.	Tuttle	Cambridge.
67.	Asia	„	„	17.	Pogson	Madras.
68.	Leto	„	„	29.	Luther	Bilk.
69.	Hesperia	„	„	29.	Schiaparelli	Mailand.
70.	Panopäa	„	Mai	5.	Goldschmidt	Paris.
71.	Niobe	„	August	13.	Luther	Bilk.
72.	Feronia	1861	Mai	29.	Safford	Clinton.
73.	Klytia	1862	April	7.	Tuttle	Cambridge.
74.	Galatea	„	August	29.	Tempel	Marseille.
75.	Eurydice	„	September	22.	Peters	Clinton.
76.	Freya	„	Oktober	21.	d'Arrest	Kopenhagen.
77.	Frigga	„	November	12.	Peters	Clinton.
78.	Diana	1863	März	15.	Luther	Bilk.
79.	Eurynome	„	September	14.	Watson	Ann Arbor.
80.	Sappho	1864	Mai	2.	Pogson	Madras.
81.	Terpsichore	„	September	30.	Tempel	Marseille.
82.	Alkmene	„	November	27.	Luther	Bilk.
83.	Beatrix	1865	April	26.	de Gasparis	Neapel.
84.	Klio	„	August	25.	Luther	Bilk.
85.	Jo	„	September	19.	Peters	Clinton.
86.	Semele	1866	Januar	4.	Tietjen	Berlin.
87.	Sylvia	„	Mai	16.	Pogson	Madras.
88.	Thisbe	„	Juni	15.	Peters	Clinton.
89.	Julia	„	August	6.	Stephan	Marseille.
90.	Antiope	„	Oktober	10.	Luther	Bilk.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
91.	Aegina	1866	November	4.	Borelli	Marseille.
92.	Undina	1867	Juli	7.	Peters	Clinton.
93.	Minerva	„	August	24.	Watson	Ann Arbor.
94.	Aurora	„	September	6.	„	„
95.	Arethusa	„	November	23.	Luther	Bilk.
96.	Aegle	1868	Februar	17.	Coggia	Marseille.
97.	Klotho	„	„	17.	Tempel	„
98.	Janthe	„	April	18.	Peters	Clinton.
99.	Dike	„	Mai	28.	Borelli	Marseille.
100.	Hekate	„	Juli	11.	Watson	Ann Arbor.
101.	Helena	„	August	15.	„	„
102.	Miriam	„	„	22.	Peters	Clinton.
103.	Hera	„	September	7.	Watson	Ann Arbor.
104.	Klymene	„	„	13.	„	„
105.	Artemis	„	September	16.	„	„
106.	Dione	„	Oktober	10.	„	„
107.	Camilla	„	November	17.	Pogson	Madras.
108.	Hecuba	1869	April	2.	Luther	Bilk.
109.	Felicitas	„	Oktober	9.	Peters	Clinton.
110.	Lydia	1870	April	19.	Borelli	Marseille.
111.	Ate	„	August	14.	Peters	Clinton.
112.	Iphigenia	„	September	19.	„	„
113.	Amalthea	1871	März	12.	Luther	Bilk.
114.	Kassandra	„	Juli	23.	Peters	Clinton.
115.	Thyra	„	August	6.	Watson	Ann Arbor.
116.	Sirona	„	September	8.	Peters	Clinton.
117.	Lomia	„	„	12.	Borelly	Marseille.
118.	Peitho	1872	März	15.	Luther	Bilk.
119.	Althäa	„	April	3.	Watson	Ann Arbor.
120.	Lachesis	„	„	10.	Borelly	Marseille.
121.	Hermione	„	Mai	12.	Watson	Ann Arbor.
122.	Gerda	„	Juli	31.	Peters	Clinton.
123.	Brunhilda	„	„	31.	„	„
124.	Alceste	„	August	23.	„	„
125.	Liberatrix	„	September	11.	Prosper Henry	Paris.
126.	Velleda	„	November	5.	Paul Henry	„
127.	Johanna	„	„	5.	Prosper Henry	„
128.	Nemesis	„	„	25.	Watson	Ann Arbor.
129.	Antigone	1873	Februar	5.	Peters	Clinton.
130.	Elektra	„	„	17.	„	„
131.	Vala	„	Mai	24.	„	„
132.	Aethra	1873	Juni	13.	Watson	Ann Arbor.
133.	Cyrene	„	August	16.	„	„
134.	Sophrosyne	„	September	27.	Luther	Bilk.
135.	Hertha	1874	Februar	18.	Peters	Clinton.
136.	Austria	„	März	18.	Palisa	Pola.
137.	Meliböa	„	April	21.	„	„
138.	Tolosa	„	Mai	19.	Perrotin	Toulouse.
139.	Noch unbenannt	„	Oktober	10.	Watson	Peking.
140.	Siwa	„	„	13.	Palisa	Pola.
141.	Lumen	1875.	Januar	13.	Paul Henry	Paris.
142.	Polana	„	„	28.	Palisa	Pola.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.	Entdecker.	Ort der Entdeckung.
143.	Adria	1875 Februar 23.	Palisa	Pola.
144.	Bibilia	„ Juni 3.	Peters	Clinton.
145.	Adeona	„ „ 3.	„	„
146.	Lucina	„ „ 8.	Borelly	Marseille.
147.	Protogeneia	„ „ 10.	Schulhof	Wien.
148.	Gallia	„ August 7.	Prosper Henry	Paris.
149.	Medusa	„ September 21.	Perrotin	Toulouse.
150.	Nowa	„ Oktober 18.	Watson	Ann Arbor.
151.	Abundantia	„ November 1.	Palisa	Pola.
152.	Atala	„ „ 2.	Paul Henry	Paris.
153.	Hilda	„ „ 2.	Palisa	Pola.
154.	Bertha	„ „ 4.	Prosper Henry	Paris.
155.	Scylla	„ „ 8.	Palisa	Pola.
156.	Xantippe	„ „ 22.	„	„
157.	Dejanira	„ Dezember 1.	Borelly	Marseille.
158.	Koronis	1876 Januar 4.	Knorre	Berlin.
159.	Aemilia	„ „ 26.	Paul Henry	Paris.
160.	Una	„ Februar 20.	Peters	Clinton.
161.	Athor	„ April 19.	Watson	Ann Arbor.
162.	Laurentia	„ „ 22.	Prosper Henry	Paris.
163.	Erigone	„ „ 26.	Perrotin	Toulouse.
164.	Eva	„ Juli 12.	Paul Henry	Paris.
165.	Loreley	„ August 10.	Peters	Clinton.
166.	Rhodope	„ „ 17.	„	„
167.	Urda	„ „ 29.	„	„
168.	Sybilla	„ September 28.	Watson	Ann Arbor.
169.	Zelia	„ „ 29.	Prosper Henry	Paris.
170.	Maria	1877 Januar 10.	Perrotin	Toulouse.
171.	Ophelia	„ „ 13.	Borelly	Marseille.
172.	Baucis	„ Februar 5.	„	„
173.	Ino	„ August 1.	„	„
174.	Phädra	„ September 2.	Watson	Ann Arbor.
175.	Andromache	„ Oktober 1.	„	„
176.	Idunna	„ „ 14.	Peters	Clinton.
177.	Irma	„ November 5.	Paul Henry	Paris.
178.	Belisana	„ „ 6.	Palisa	Pola.
179.	Klytämnestra	„ „ 11.	Watson	Ann Arbor.
180.	Garumma	1878 Januar 29.	Perrotin	Toulouse.
181.	Eucharis	„ Februar 2.	Cottenot	Marseille.
182.	Elsa	„ „ 7.	Palisa	Pola.
183.	Istria	„ „ 8.	„	„
184.	Dejopeja	„ „ 28.	„	„
185.	Eunike	„ März 1.	Peters	Clinton.
186.	Celuta	„ April 6.	Prosper Henry	Paris.
187.	Lamberta	„ „ 11.	Coggia	Marseille.
188.	Menippe	„ Juni 18.	Peters	Clinton.
189.	Phthia	„ September 9.	„	„
190.	Ismene	„ „ 22.	„	„
191.	Kolga	„ „ 30.	„	„
192.	Nausikaa	1879 Februar 17.	Palisa	Pola.
193.	Ambrosia	„ „ 28.	Coggia	Marseille.
194.	Prokne	„ März 21.	Peters	Clinton.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
195.	Eurykleia	1879	April	22.	Palisa	Pola.
196.	Philomela	„	Mai	14.	Peters	Clinton.
197.	Arete	„	„	21.	Palisa	Pola.
198.	Ampella	„	Juni	13.	Borelly	Marseille.
199.	Byblis	„	Juli	9.	Peters	Clinton.
200.	Dynamene	„	„	27.	„	„
201.	Penelope	„	August	7.	Palisa	Pola.
202.	Chryseis	„	September	11.	Peters	Clinton.
203.	Pompeja	„	„	25.	„	„
204.	Kallisto	„	Oktober	8.	Palisa	Pola.
205.	Martha	„	„	13.	„	„
206.	Hersilia	„	„	13.	Peters	Clinton.
207.	Hedda	„	„	17.	Palisa	Pola.
208.	Lacrimosa	„	„	21.	„	„
209.	Dido	„	„	22.	Peters	Clinton.
210.	Isabella	„	November	12.	Palisa	Pola.
211.	Isolda	„	Dezember	10.	„	„
212.	Medea	1880	Februar	6.	„	„
213.	Liläa	„	„	16.	Peters	Clinton.
214.	Aschera	„	„	29.	Palisa	Pola.
215.	Oenone	„	April	7.	Knorre	Berlin.
216.	Kleopatra	„	„	9.	Palisa	Pola.
217.	Eudora	„	August	30.	Coggia	Marseille.
218.	Bianca	„	September	4.	Palisa	Pola.
219.	Thusnelda	„	„	30.	„	„
220.	— — — —	1881	Mai	19.	„	Wien.
221.	— — — —	1882	Januar	18.	„	„
222.	— — — —	„	Februar	9.	„	„
223.	— — — —	„	März	9.	„	„
224.	— — — —	„	„	30.	„	„
225.	— — — —	„	April	19.	„	„
226.	— — — —	„	Juli	19.	„	„
227.	Philosophia	„	August	12.	P. Henry	Paris.
228.	— — — —	„	„	19.	Palisa	Wien.
229.	— — — —	„	„	22.	„	„
230.	Athamantis	„	September	3.	de Ball	Bothkamp.
231.	— — — —	„	„	10.	Palisa	Wien.

Schließlich gebe ich hier noch eine alphabetisch geordnete Zusammenstellung der einzelnen Planetoidenentdecker und der Nummern der von jedem einzelnen aufgefundenen kleinen Planeten. Hiernach sind die glücklichsten Entdecker: Goldschmidt, Watson, Luther, Peters und besonders Palisa.

Die Entdecker der Planetoiden.

d'Arrest: 76.
Borelly: 91. 99. 110. 117. 120. 146. 157. 171. 172. 173. 198.
Chacornac: 25. 33. 34. 38. 39. 59.
Coggia: 96. 187. 193. 217.
Cottenot: 181.
Ferguson: 31. 50. 61.
Förster (und Lesser): 62.
de Gasparis: 10. 11. 13. 15. 16. 20. 24. 63. 83.
Goldschmidt: 21. 32. 36. 40. 41. 44. 45. 48. 49. 52. 54. 56. 60. 70.

Graham: 9.
Harding: 3.
Hencke: 5. 6.
Henry, Paul: 126. 141. 152. 159. 164. 177. 227.
Henry, Prosper: 125. 127. 148. 154. 162. 169. 186.
Hind: 7. 8. 12. 14. 18. 19. 22. 23. 27. 30.
Knorre: 158. 215.
Laurent: 51.
Luther: 17. 26. 28. 35. 37. 47. 53. 57. 58. 68. 71. 78. 82. 84. 90. 95. 108. 113. 118. 134.
Marth: 29.
Olbers: 2. 4.
Palisa: 136. 137. 140. 142. 143. 151. 153. 155. 156. 178. 182. 183. 184. 192. 195. 197. 201. 204. 205. 207. 208. 210. 211. 212. 214. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 228. 229. 231.
Perrotin: 138. 149. 163. 170. 180.
Peters: 75. 77. 85. 88. 92. 98. 102. 109. 111. 112. 114. 116. 122. 123. 124. 129. 130. 131. 135. 144. 145. 160. 165. 166. 167. 176. 185. 188. 189. 190. 191. 194. 196. 199. 200. 202. 203. 206. 209. 213.
Piazzi: 1.
Pogson: 42. 43. 46. 67. 80. 87. 107.
Safford: 72.
Schiaparelli: 69.
Schulhof: 147.
Searle: 55.
Stephan: 89.
Tempel: 64. 65. 74. 81. 97.
Tietjen: 86.
Tuttle: 66. 73.
Watson: 79. 93. 94. 100. 101. 103. 104. 105. 106. 115. 119. 121. 128. 132. 133. 139. 150. 161. 168. 174. 175. 179.

Es bleibt mir noch übrig, hier auf einige Seltsamkeiten dieser Weltenschar aufmerksam zu machen. Ich habe bereits gesagt, daß Herschel ernstliche Bedenken trug, diese Weltkörper unter die übrigen Planeten einzureihen, daß er sie ihrer Natur nach zwischen Planeten und Kometen gestellt wissen wollte. In der That zeigen sie Eigentümlichkeiten, welche dieses Bedenken nicht ganz ungerechtfertigt erscheinen lassen. In vielfach verschlungenen, oft langgestreckten Bahnen umkreisen sie die Sonne in Zeiträumen, die von $3^1/_4$ Jahren bis zu fast 7 Jahren, und in mittleren Abständen, die von 44 bis 71 Millionen Meilen wechseln, also diesseits bis zum Mars einen Raum von 14 Millionen Meilen, jenseits bis zum Jupiter einen Raum von 33 Millionen Meilen leer lassend. Während alle übrigen Planetenbahnen sich der Kreisform so weit nähern, daß ihre Exzentrizität, d. h. die Abweichung ihres Brennpunktes, in welchem die Sonne steht, von ihrem Mittelpunkte, kaum $^1/_{20}$ ihres Bahnhalbmessers und nur bei der exzentrischesten aller älteren Planetenbahnen, bei der Merkursbahn, $^1/_5$ beträgt, begegnen wir hier einzelnen fast kometenartig gestreckten Bahnen, deren Exzentrizität bei der Polyhymnia fast $^1/_3$ erreicht. Während die Ebenen der übrigen Planetenbahnen kaum einige Grade gegen die Ebene unsrer Erdbahn geneigt sind, sehen wir wiederum die Neigung einzelner Planetoidenbahnen, wie der Euphrosyne und der Pallas, auf 26 und 34 Grade anwachsen, und so diese Weltkörper auf Nebenpfaden abschweifen, die wir sonst nur noch von dem Volke der Kometen eingeschlagen finden werden. Einzelne dieser Asteroiden werden zur Zeit ihrer größten nördlichen Deklination cirkumpolar, d. h. sie gehen dann in unsern Breiten nicht mehr unter, während sie in der Periode ihrer größten südlichen Deklination für uns gänzlich unter dem Horizonte bleiben.

Zu der seltsamen Anordnung der Planetoiden in verschiedenen, fast gleich weit von der Sonne entfernten Ebenen über und untereinander und zu der langgestreckten Form ihrer Bahnen kommt endlich noch die zwergartige Kleinhei

dieser Weltkörper selbst. Kein unbewaffnetes Auge vermag sie zu erspähen, und nur die Vesta ist in ihrer größten Nähe bisweilen als Stern sechster Größe sichtbar. Fast alle zeigen sogar mit den stärksten Fernröhren gesehen keinen wahrnehmbaren Durchmesser. Man wird fragen, wie es dann möglich sei, überhaupt eine Andeutung von ihrer wahren Größe zu erlangen. Aber der Astronom weiß sich zu helfen, auch wo ihn seine direkten Meßinstrumente verlassen. Hier war es die Helligkeit dieser Weltkörper, welche ihm Hilfe gewährte. Es ist uns bekannt, daß zwischen der Helligkeit eines beleuchteten Körpers und der Entfernung seiner Lichtquelle ein solches Verhältnis besteht, daß er in der doppelten, dreifachen, vierfachen Entfernung nur $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ des ursprünglichen Lichtes empfängt, und daß er darum auch dem Auge in der doppelten, dreifachen, vierfachen Entfernung nur mit $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ seiner früheren Helligkeit erscheint. Man begreift nun, daß es dem Astronomen auch leicht sein muß, die Helligkeit zu berechnen, mit welcher ein Planet von bekannter Größe, wie der Mars oder die Venus, einem Beobachter auf der Erde erscheinen müßte, wenn dieser Planet an den Ort eines der Planetoiden versetzt werden könnte. Da nun die Helligkeit dieses letzteren durch unmittelbare Beobachtung gefunden werden kann, so kennt man auch das Verhältnis der Helligkeit beider Körper bei gleicher Entfernung von Sonne und Erde. Es bedarf also nur noch der keineswegs ganz unstatthaften Voraussetzung, daß auch die Reflexionskraft ihrer Oberfläche nahezu dieselbe ist, um das Verhältnis der Helligkeiten sofort in ein Verhältnis der erhellten Flächen, welche sie dem Auge zeigen, umzuwandeln und daraus endlich unmittelbar auf das Verhältnis der wahren Durchmesser zu schließen. Wenngleich dieses Verfahren allerdings nur annähernde Werte für die Dimensionen dieser Weltkörper liefert, so dürften sie der Wahrheit immer noch näher kommen, als die meisten Resultate der ohnehin nur sehr vereinzelten direkten Messungen, unter denen vielleicht allein die Mädlersche Messung der Vesta, für welche sich ein Durchmesser von 66 geogr. Meilen ergibt, einiges Vertrauen verdient. Unsre bisherige Vorstellungen von dem Wesen planetarischer Körper werden durch diese Größenschätzungen gewaltig erschüttert. Es wird uns zugemutet Weltkörper, deren Durchmesser meist nur zwischen 15—25 Meilen mißt, bei einzelnen sogar nur 8—9 Meilen, bei dem größten, wie der Vesta, nicht 60 Meilen übersteigt, Weltkörper deren ganze Oberfläche von manchem kleinen Königreiche Europas an Ausdehnung übertroffen wird, mit unsrer ganzen massenhaften Erde in eine Reihe zu stellen. Aber diese Kleinheit der Körpermassen, so außerordentlich sie auch erscheinen mag, darf uns doch so wenig als die ungewöhnlichen Form- und Neigungsverhältnisse ihrer Bahnen veranlassen, diese Findlinge der jüngsten astronomischen Wissenschaft aus der Gesellschaft der älteren Planeten auszuweisen. Seit jene kometenartige Nebelhülle, mit der man sonst die meisten dieser Weltkörper umgeben glaubte, sich lediglich als die Wirkung einer optischen Täuschung herausstellte, beginnt der letzte Grund zu schwinden, aus dem man sie den Kometen, wenn auch nur als Stiefgeschwister, zugesellen mochte. So dürfte auch der Name „Planetoiden" ihre eigentliche Natur am besten bezeichnen. Hält man an den photometrischen

Bestimmungen der Asteroidendurchmesser fest — und sie können von der Wirklichkeit nicht viel abweichen — so findet man, daß die größern Asteroiden, genau von 25 Meilen Durchmesser und darüber, sämtlich vor dem Jahre 1859 entdeckt worden sind, und daß deshalb die Wahrscheinlicheit, es werde zukünftig noch ein Asteroid von dieser Größe gefunden werden, äußerst gering ist.

Übersicht der Umlaufsbahnen der Planetoiden.

Auch die Anzahl der Planetoiden, deren Durchmesser weniger als 5 Meilen beträgt, ist, wie Hornstein hervorgehoben hat, auffallend gering, wenigstens in denjenigen Teilen der Asteroidenzone, welche mehr gegen den Mars hin liegen. Die meisten dieser kleinen Planeten haben Durchmesser von 5 bis 15 Meilen, und bei Anwendung der gleichen optischen Hilfsmittel wie bisher, ist von der Zukunft wahrscheinlich noch ein nicht unbeträchtlicher Zuwachs solcher Planetoiden zu erwarten. Hornstein, der die einschlägigen Verhältnisse genau untersucht hat, glaubte jedoch nicht, daß die Gesamtzahl der Asteroiden jemals auf ein beträchtliches Vielfaches der gegenwärtigen Zahl anwachsen werde.

Einem Schwarme zahlreicher kleiner Weltkörper zu begegnen, wo man einen einzigen großen Planeten zu erwarten sich berechtigt glaubt, hat etwas Überraschendes. Dennoch beweist es nichts weiter, als daß die ursprüngliche Bildung der Planetoidengruppe unter Umständen eingetreten ist, welche bei der Bildung der übrigen Einzelplaneten und planetarischen Gruppen im Sonnensysteme nicht in gleicher Weise zusammengewirkt haben. Ein solches Ereignis mußte natürlich mit dem ersten Beginn dieser Entdeckungen die stets an den Pforten der Wissenschaft lauernde Phantasie in Thätigkeit setzen. Wir wollen daher die Strecke, die uns noch von dem nächsten Ziele unsrer Wanderung trennt, mit diesen kosmologischen Träumen ausfüllen.

Schon Olbers stellte zu Anfang dieses Jahrhunderts die Vermutung auf, daß diese kleinen Planeten nur die Trümmer eines großen Weltkörpers seien, der durch eine gewaltsame Katastrophe in zahlreiche Stücke zersprengt wurde. Die nahe Übereinstimmung, die sich in den Bahnen der zuerst entdeckten Planeten zeigte, die geringe Abweichung in der Lage ihrer Knotenlinien schien diese Vermutung zu bestätigen. Ein eigentlicher Planet verfolgt bekanntlich, abgesehen von den als Störungen bezeichneten kleinen Abweichungen, beständig denselben Weg, durchläuft bei jedem Umlaufe dieselbe Reihe von Punkten. Im Augenblicke nun, wo nach der Olbersschen Hypothese der große Planet zerbrach, wurde jedes seiner Bruchstücke in vollster Bedeutung des Wortes ein wirklicher Planet und begann die Kurve zu beschreiben, in welcher er seine Bewegung für alle Zeiten auszuführen hatte. Einige Unterschiede in Stärke und Richtung der Kräfte, welche die Trümmer fortschleuderten, konnten merkliche Verschiedenheiten in Gestalt und Lage dieser Bahnen herbeiführen; aber alle diese Bahnen mußten einen Punkt gemeinsam behalten, nämlich denjenigen, von dem die einzelnen Trümmer ausgegangen waren, um gesondert ihre Bahn zurückzulegen. Die neueren Untersuchungen über die Bahnnähen der Planetoiden zeigen nun freilich keine Spur eines solchen gemeinschaftlichen Kreuzungspunktes aller Bahnen. Dagegen ließe sich zwar einwenden, daß jene Forderung doch nur für die nächste Folgezeit nach der Katastrophe gelte, da im Laufe der Jahrtausende sich die Bahnen durch die störenden Einflüsse andrer Planeten, besonders des benachbarten Jupiter, ändern und so auch die Knotenpunkte immer weiter auseinanderrücken müßten. Aber auch dann müßte es möglich sein, aus der gegenwärtigen Lage der Planetoidenbahnen auf eine solche Anordnung derselben in der Vorzeit zurückzuschließen, in welcher eine Hinneigung gegen eine gewisse Region thatsächlich zuträfe. Zu einer solchen Untersuchung fehlen freilich für jetzt noch die Mittel, und damit ist auch von dieser Seite her wenigstens noch keine Bestätigung der Olbersschen Hypothese zu erlangen.

Aber es knüpft sich noch eine zweite Forderung an jene Hypothese. Die sämtlichen Planetoiden müssen wenigstens einmal während ihres Umlaufes in dieselbe Entfernung von der Sonne kommen. Es darf also der größte Abstand keines der Planetoiden kleiner sein, als der kleinste Abstand eines andern, der kleinste niemals größer als der größte eines andern. Als die Zahl der Entdeckungen noch beschränkt war, schien sich diese Bedingung wirklich erfüllen zu

sollen. Aber diese Illusion ist jetzt völlig zerstört. Harmonia, Viktoria, Flora, Ariadne, Nemausa erreichen niemals jene Grenzen, in welchen Ceres, Kalliope, Doris, Europa, Hygiea und Themis ihre größte Annäherung zur Sonne haben. Harmonia geht sogar niemals über einen Abstand von 49 Millionen Meilen hinaus, während Doris sich niemals auf weniger als 59 Millionen Meilen der Sonne nähert. Wir sehen, daß man dadurch schon genötigt würde, mehrere gesonderte Gruppen von Planetoiden anzunehmen, wenn man nur für einen Teil derselben die Olberssche Hypothese festhalten wollte.

Wenn gleich anfangs der Olbersschen Hypothese aus den großen Neigungen der Planetoidenbahnen gegen die Ekliptik erhebliche Schwierigkeiten erwuchsen, so haben diese im Laufe der fortschreitenden Entdeckungen allmählich den Charakter des Unerklärlichen und Unmöglichen angenommen. Immer dringender sieht man sich aufgefordert, die Hypothese zu verlassen. Nur wenige Astronomen dürften heutzutage noch geneigt sein, die Entstehung dieser kleinen Planeten durch eine Änderung des Urzustandes des Sonnensystems, durch eine gewaltsame Katastrophe zu erklären. Immer mehr neigt man sich der Ansicht zu, daß diese Körper ganz ebenso regelmäßig und nach denselben Gesetzen sich ausgebildet haben, wie die übrigen größeren Planeten des Systems. Man erwartet daher infolge dieser Annahme aus der fleißigen Durchsuchung des Himmels die allmähliche Auffindung einer weitern Anzahl solcher Himmelskörper und verschiebt mit Recht die Aufstellung einer Hypothese ihrer Entstehung auf jenen Zeitpunkt, wo die Übersicht eine annähernd vollkommene sein wird. Inzwischen haben doch die statistischen Zusammenstellungen gezeigt, daß sich in den halben großen Achsen ihrer Bahnen, also auch in den Umlaufszeiten der Asteroiden gewisse Gruppen finden, die offenbar einer Einwirkung des mächtigen Planeten Jupiter zuzuschreiben sind. Überall da, wo die Umlaufszeit zu der des Jupiter in einem einfachen rationalen Verhältnisse stehen würden, sich also beide wie die kleinen ganzen Zahlen 1 : 2, 1 : 3, 2 : 5 u. s. w. verhalten, finden sich ziemlich asteroidfreie Lücken, während die zahlreichsten Planetoiden in drei Gruppen auftreten, welche in den Entfernungen 2,35—2,45, 2,55—2,80 und 3,05—3,20 von der Sonne sich befinden, wobei die mittlere Entfernung der Erde = 1 gesetzt ist. Die größte durchschnittliche Häufigkeit der Asteroiden fällt nahezu auf die Entfernung 2,7, also dahin, wo nach dem Titius-Bodeschen Zahlenspiele ein Planet stehen sollte.

Die Entdeckungen der letzten Jahre beginnen bereits ein dämmerndes Licht auf die Theorie zu werfen. Mindestens haben sie die lange gehegte Besorgnis nicht zerstreut, als könne durch die Verschlingung so vieler Planetenbahnen in diesem engen Raume einmal eine gefährliche Annäherung, wohl gar ein Zusammenstoß zweier Welten erfolgen, durch den mindestens die Ruhe jener Systeme in Frage gestellt würde. Die Astronomen sprechen von einer Stabilität des Sonnensystems. Für die älteren Planeten beruht diese Stabilität auf dem von einem der größten Mathematiker Frankreichs, Lagrange, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bewiesenen Satze, daß die mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne, die Exzentrizitäten und gegenseitigen Neigungen ihrer

Bahnen für alle Folgezeit unverändert bleiben und nur sehr kleine periodische Änderungen erfahren. Für die kleinen Planeten hat nun Leverrier vor einigen Jahren den Versuch gemacht, eine ähnliche Stabilität herzuleiten. Auch hier hat er gefunden, daß die Formen und Neigungen der Planetoidenbahnen durch Störungen von seiten der übrigen Planeten im wesentlichen keine Veränderung erfahren können, daß sie also im innigsten Zusammenhange mit der ersten Ursache ihrer Bildung stehen müssen. Allerdings gilt diese Stabilität nur innerhalb gewisser Grenzen. Die eine dieser Grenzen wird durch einen mittleren Abstand von der Sonne bezeichnet, welcher ungefähr dem doppelten Abstande unsrer Erde von der Sonne entspricht, die andre durch einen Abstand, welcher $3^1/_5$ mal die Entfernung der Erde übertrifft. Übrigens gilt diese Rechnung nur unter gewissen einschränkenden Bedingungen, und ich glaube ganz im Gegenteil, daß unter den Asteroiden Zusammenstöße schon vorgekommen sind und im Laufe der Zeiten wiederum vorkommen werden. Vielleicht war ursprünglich die Zahl dieser Weltenbruchstücke geringer und sie hat sich erst durch wiederholte Zusammenstöße und Zertrümmerungen vermehrt. Wir haben gar kein Recht, von einer Ewigkeit des Bestehens unsrer planetarischen Welt zu sprechen. Denn wie es eine Zeit gab, in welcher unser heutiges Planetensystem mit all seinen einzelnen Weltkugeln nicht vorhanden war, so wird auch dereinst eine Zeit kommen, in welcher es verschwunden sein wird, in welcher die Stoffe, die heute den verschiedenen Weltkörpern zugeteilt sind und diese zusammensetzen, neue und verschiedenartige Bildungen eingehen. Die Idee einer Ewigkeit des Bestandes der Welteinrichtungen ist eine durchaus falsche, und man kann nicht energisch genug allen auf sie gebauten Schlüssen entgegentreten.

So haben wir denn eine der interessantesten Episoden aus der Geschichte der astronomischen Forschung kennen gelernt und einige Blicke in eine neue seltsame Welt gethan. Jene einst wüsten Räume, welche nur die Geschichte so reich ausgefüllt hat, liegen jetzt hinter uns; wir sind bereits eingetreten in den Bereich eines gewaltigen Herrschers, dessen Macht wir längst, freilich ohne unser Wissen, selbst in den Fernen unsrer Erdbahn erfuhren. Größere Kontraste, als sie das kaum verlassene und das eben betretene Gebiet des Weltraumes darbieten, sind kaum denkbar. Dort ein Schwarm wunderbar kleiner Welten, deren mehr als eine halbe Million erforderlich wären, um die Masse unsres Erdballes herzustellen; hier eine Riesenwelt, die 1300 Erden in sich aufzunehmen vermöchte!

Die Erde im Größenverhältnis zu den ersten vier Planetoiden.

Sternwarte zu Pulkowa.

Sechstes Kapitel.

Die sonnenfernen Planeten.

> Mich zieht es weg, ich darf nicht länger säumen
> Und sage mit Besonnenheit:
> Das alles kann ein jeder träumen,
> Euch ganz allein ist's Wirklichkeit.

Die Erde und ihre Nachbarplaneten sind längst in der Nacht des Himmelsraumes versunken; kaum daß die größten unter ihnen noch gleich kleinen Fixsternen schimmern; der Mars ist dem unbewaffneten Auge völlig entrückt. Die Sonne selbst ist zu einer Scheibe geschwunden, die an Größe kaum noch dem 27. Teil der uns von der Erde her bekannten Sonnenscheibe gleichkommt. Ihr mildes Licht ergießt sich über die ungeheure Welt des Jupiter, die sich vor uns aufthut. In solcher Ferne des Weltraumes hat sich dieser Riesenplanet seine Herrschaft gegründet. Vier Monde begleiten ihn auf seiner weiten Reise um die Sonne, die fast 12 unsrer Erdenjahre, genau 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 1 Minute $8^1/_2$ Sekunden währt.

Wir haben uns oft an dem wunderbar ruhigen Glanze dieses schönen Gestirns ergötzt, wenn wir es am nächtlichen Himmel erblickten. Es erscheint dann zur Zeit seines höchsten Glanzes unter einem Durchmesser von 46 Sek., der sich in weiterer Ferne bis auf 30 Sek. verkürzte. Bei seinem überaus großen Abstande können wir demnach schon auf die wirkliche Größe des Jupiter schließen. In der That übertrifft er den Erdball beinahe 1300 mal an Volumen. Eine solche Riesengröße läßt auch eine gewaltige Masse dieses Weltkörpers erwarten, die ihre störenden Wirkungen weithin über die fernen kleinen Welten erstrecken muß.

Aber diese Wirkungen eben, die sich so merklich im Laufe mancher Planeten ausprägen, sind auch das Mittel geworden, seine Masse zu berechnen. An seinen Monden, an den Planeten und Kometen, die in den Bereich seiner Anziehungskraft eintreten, hat man ihn gewogen. Allerdings entspricht diese Masse nicht ganz seiner gewaltigen Größe; sie übertrifft zwar immerhin noch die der Erde um das 343fache, aber sie müßte sie, nach ihrem körperlichen Inhalte zu schließen, fast 1300 mal übertreffen. Diese verhältnismäßig geringere Masse zwingt uns also eine geringere durchschnittliche Dichtigkeit des Jupiterkörpers anzunehmen, so daß diese nur etwa $1/_4$ der Dichtigkeit unsrer Erde beträgt, kaum $1\,1/_3$ mal die des Wassers übertrifft. Wir erkennen daraus, von welcher Bedeutung dies für unsre Erde wie für die Ordnung unsres Planetensystems überhaupt ist.

Scheinbare Größe der Jupiterscheibe in kleinster, mittlerer und größter Entfernung von der Erde.

Allerdings bliebe die Anziehungskraft des Jupiter immer noch mächtig genug, um dieser Ordnung gefährlich zu werden, wenn nicht die Lage seiner Bahn seine Störungen wesentlich beschränkte. Die Jupiterbahn besitzt nur die Neigung von 1° 19' gegen die Ekliptik; er bewegt sich also nahezu in gleicher Ebene mit unsrer Erde, wie mit den meisten Planeten, und vermag darum wohl ihren Lauf zu beschleunigen und zu verzögern, jedoch nicht die Ebenen ihrer Bahnen zu erschüttern.

Noch fanden wir auf allen den Welten, denen wir bis jetzt begegneten und die uns einen Blick in ihre Naturverhältnisse gestatteten, irdische Erinnerungen geweckt. Wir fanden einen ähnlichen Wechsel von Tag und Nacht, einen ähnlichen Verlauf der Jahreszeiten, ähnliche Atmosphären und wenigstens Spuren ähnlicher Oberflächengestaltung. Hier beginnt alles fremdartiger zu werden. Das zeigt sich schon in den allgemeinsten kosmischen Bedingungen des physischen Lebens auf diesem Weltkörper, in seiner Rotation und Achsenstellung. Wir wissen bereits, wie die Rotation eines Planeten beobachtet und gemessen und wie die Bewegung gewisser mehr oder minder beständigen Flecke auf seiner Scheibe dazu benutzt wird. Die Jupiterscheibe hat bei der außerordentlichen Ausdehnung, die sie im Fernrohre zeigt, schon sehr früh eine solche Gelegenheit geboten. Schon im Jahre 1665, also nur einige 50 Jahre nach der Erfindung des Fernrohrs, beobachtete Cassini

in Italien einen dunklen Fleck auf der Jupiterscheibe, durch welchen er die Rotation des Planeten bestimmen konnte. Er fand für die Dauer derselben 9 St. 56′. Neuere Astronomen haben ein etwas abweichendes Resultat erhalten. Airy bestimmte sie zu 9 St. 55′ 21″, Mädler zu 9 St. 55′ 26″. Das ist eine Schnelligkeit der Bewegung, eine Kürze der Tage, wie sie bisher ohne Beispiel dasteht unter den Welten, zu denen unsre Wanderung uns führte.

Ansicht des Planeten Jupiter mit seinen Streifen und Banden, nebst einem darüber hinziehenden Trabantenschatten.

Schon im Fernrohre kann man in kurzer Zeit die Rotation des Jupiter bemerken, indem die Flecke auf seiner Scheibe rasch ihren Ort verändern. Wir sehen hier S. 292 zwei Zeichnungen des Jupiter und seiner Flecke, welche am 23. Dezember 1834 in einem Zeitintervall von 37¼ Minuten von Mädler in Berlin entworfen worden sind. Wir erkennen sofort, daß die beiden dunklen Flecke ihren Ort gegen die Ränder der Scheibe während jener Zwischenzeit sehr augenfällig verändert haben.

In Wirklichkeit durchläuft ein Punkt im Äquator des Jupiter in jeder Sekunde ungefähr 12 km, etwa 26mal mehr als ein Punkt im Äquator der Erde. Kaum 5 Stunden verfließen dort zwischen jedem Auf- und Untergang der Sonne, in kaum 5 Stunden durchwandelt das ganze Heer der Sterne den nächtlichen Himmel. Welch einen Anblick muß dieser von Minute zu Minute seine Physiognomie verändernde Sternhimmel gewähren! Und 10470mal muß dieser Wechsel von Tag und Nacht eintreten, ehe ein einziges dieser langen Jupiterjahre seinen Lauf beschließt! Diese zahllosen Tage bringen nicht einmal einen merklichen Wechsel. Die geringe Neigung seines Äquators gegen die Ebene seiner Bahn, die nur 3° 6' beträgt, bedingt eine fast völlige Gleichheit der Tageslängen und verwischt die Unterschiede von Klimaten und Jahreszeiten.

Unter 60° nördlicher oder südlicher Breite auf der Oberfläche des Jupiter beträgt der Unterschied zwischen dem längsten und kürzesten Tage noch nicht 36 Minuten, und in 3 Grad Entfernung von einem seiner Pole ist die Dauer des längsten Tages erst 21 Stunden.

Veränderung der Lage der Jupiterflecke nach 37 Minuten.

Ich habe soeben mitgeteilt, daß verschiedene Astronomen die Umdrehungsdauer des Jupiter bestimmten. Die Resultate dieser Untersuchungen stimmen nahe überein, aber sie zeigen doch Unterschiede, welche größer sind als die möglichen Beobachtungsfehler. Daraus folgt, daß die dunklen Flecke, durch welche man die Rotationsdauer bestimmte, keine festen Punkte, sondern vielmehr atmosphärische Produkte des Jupiter sind, die ihre Lage selbst verändern. Schon im vorigen Jahrhundert hat man die Ansicht aufgestellt, daß diese Bewegung der Jupiterflecke von Winden herrühre, die in den Äquatorgegenden des Jupiter ähnlich wie unsre Passatwinde wehen. Aber dieser Ansicht, die auch von Herschel geteilt ward, steht die Richtung der Bewegung entgegen. Während unsre Passatwinde aus einem Zurückbleiben der Atmosphäre hinter der Rotationsbewegung hervorgehen, müßte auf dem Jupiter die Strömung der Luftschichten und Wolken der Rotation voraneilen. Auch die Geschwindigkeit dieser Bewegungen ist außerordentlich groß. Julius Schmidt fand im Jahre 1865 zwei dunkle

Flecke auf der südlichen Hälfte des Jupiter, welche sich in jeder Sekunde mit einer Schnelligkeit von 90 bis 100 m von West nach Ost bewegten. Ein gleichzeitig sichtbarer heller Fleck auf der nördlichen Halbkugel des Jupiter besaß eine eigne Geschwindigkeit von ca. 77 m in der Sekunde. Das übertrifft weitaus die Schnelligkeit unsrer wütendsten Stürme. Es bleibt also jedenfalls noch etwas Unerklärliches in dieser Erscheinung zurück. Gleichwohl deuten auch andre Zeichen auf das Vorhandensein äquatorialer Strömungen auf dem Jupiter. Man erblickt nämlich stets gegen die Mitte seiner Scheibe zwei ziemlich dunkle graubraune Streifen, welche fast parallel mit dem Äquator verlaufen und zwischen sich eine hellglänzende Zone einschließen. Andre nicht minder deutlich erkennbare Streifen schließen sich an diese an, die aber immer schmaler und matter werden, je näher sie den Polen liegen, um hier endlich in ein mattes, bleifarbenes Grau überzugehen. Diese Streifen zeigen sich im allgemeinen sehr beständig, und nur ihre Begrenzungen sind veränderlich.

Jupiter und die Erde in ihrem wahren Größenverhältnis.

Manchmal zeigen sich im Innern der beiden Hauptstreifen dunklere bogenförmige Partien, so daß die Streifenzone den Anblick eines Gürtels von eiförmigen Wolken darbietet. Zu gewissen Zeiten erkennt man auf der Jupitersscheibe nur einen Hauptstreifen, der dann über der sonst hellen Äquatorialgegend ruht; dies macht es wahrscheinlich, daß überhaupt auf dem Jupiter nur ein breiter, dunkler Gürtel vorhanden ist, innerhalb dessen sich, nahe dem Äquator, meist helle Wolken bilden, wodurch dann für den Anblick von der Erde aus eine Trennung in zwei dunkle Streifen vorhanden zu sein scheint. In den Jahren 1870 und 1871 war der zentrale dunkle Streifen sehr deutlich zu sehen. Lohse, der damals auf der Sternwarte zu Bothkamp den Jupiter sehr aufmerksam beobachtete, fand in den meisten Fällen diesen Streifen mit einer Reihe von in einer Linie liegenden weißen Flecken bedeckt, die sich an seiner südlichen Grenze hinzogen. Diese Gebilde, deren wolkenartiger Charakter mit dem Bothkamper Fernrohre deutlich erkannt wurde, waren

in Form und Größe sehr verschieden. Die Längenausdehnung der größeren dieser Wolken schwankte nach Lohse zwischen 2500 und 3000 geographischen Meilen. Ihr Helligkeit, sagt der Beobachter, verändert sich in der Weise, daß sie oft nur mit Schwierigkeit zu erkennen waren, während sie zuweilen ein blendendes Licht ausstrahlten. Meistenteils erschienen die in der Mitte der Scheibe befindlichen Wolken am hellsten, jedoch kam es auch vor, daß seitlich stehende eine größere Helligkeit besaßen als die mittlern. In einem solchen Falle war man wohl zu der Annahme berechtigt, daß diese Wolken in verschiedenen Höhen schwebten und ihr Licht daher in der Atmosphäre des Planeten eine ungleiche Extinction erlitt. Außer dem beschriebenen Wolkenzuge, welcher die Südseite des Äquatorialstreifens einnahm, wurden auf dem letztern oft noch andre Wolken von geringerer Helligkeit beobachtet, deren Anzahl sehr verschieden war, jedoch zuweilen so beträchtlich wurde, daß der Streifen sich nur wenig von den hellen Teilen der Planetenscheibe abhob.

Jupiter und seine vier Trabanten bei schwacher Vergrößerung.

Die eiförmigen hellen Wolken sind, wie es scheint, von den früheren Beobachtern des Jupiter niemals wahrgenommen worden. Sie kommen zuerst in einer Zeichnung Gruithuisens vom 12. Februar 1838 sowie in einer solchen von Dawes vom 8. März 1851 vor, auch hatte schon Lassell 1850 etwas Ähnliches bemerkt. Chacornac erkannte größere Unregelmäßigkeiten ihrer Gestalt, woraus er auf ihre wolkenartige Natur schloß. Lohse hat gefunden, daß in den letzten Jahrzehnten das Auftreten gefärbter Streifen und die Bildung von hellen eiförmigen Flecken in der Äquatorialzone Jupiters zusammengefallen ist mit den Zeiten der größten Häufigkeit der Sonnenflecke. Übrigens hat Gruithuisen bezüglich der Färbung der Jupiterstreifen die interessante Bemerkung gemacht, daß dieselbe um so deutlicher erscheint, je stärker bei ein und demselben Fernrohr die Vergrößerung ist. Aus verschiedenen Versuchen fand er, daß die größere Lichtstärke der Erkenntnis der Färbung nachteilig ist. Als er einem Freunde, der die Farbe der Streifen mit einem Fraunhoferschen Fernrohre von 29''' Öffnung nicht wahrnehmen konnte, riet, eine möglichst starke Vergrößerung anzuwenden, erkannte sie dieser deutlich, als er die Vergrößerung des kleinen Fernrohres bis 200fach trieb. Schwabe hat erkannt, daß bisweilen die ganze Jupiterscheibe mit feinen Parallellinien bedeckt ist, die am augenfälligsten in den beiden Mittelstreifen auftreten. Bei recht heiterer und ruhiger Luft sah Schwabe die feinsten Parallellinien selbst in der hellen Äquatorialzone. Die Polargegenden des Jupiter sind

im allgemeinen bleigrau, und man überzeugt sich bei fortgesetzter Beobachtung leicht, daß diese Färbung von zusammenhängenden, bald dunklern, bald hellern Parallelstreifen herrührt, die sich bisweilen gegen den Äquator zurückziehen und dadurch die Pole etwas heller erscheinen lassen. Niemals aber zeigt einer der Jupiterpole Andeutungen von hellen Flecken, welche mit den Schneezonen des Mars auch nur entfernt zu vergleichen wären.

Die Streifen sind am deutlichsten auf der Mitte der Scheibe und nehmen von hier gegen die Ränder hin ab. Für gewöhnliche Fernrohre verschwinden sie meist vollständig, wenn sie 50°, höchstens 60° der Jupiterkugel von der Mitte der Scheibe abstehen. In einzelnen Fällen erstreckt sich ein Streifen etwas näher zum einen Rande als zum andern. Sehr kraftvolle Ferngläser zeigen die Streifen sehr nahe bis zu den Rändern der Scheibe, aber auch dann verschwinden sie, ehe sie diese Ränder vollständig erreichen. Die Ursache hiervon ist die dichte Atmosphäre des Jupiter.

Die rote Wolke auf dem Planet Jupiter im Jahre 1879, gesehen im umkehrenden Fernrohre (oben Süd, unten Nord).

Da wir uns erinnern, daß die durchschnittliche Dichtigkeit des gewaltigen Planeten Jupiter nur etwa $^1/_4$ von derjenigen der Erde beträgt, und wenn wir dann bedenken, daß naturgemäß die Dichtigkeit gegen das Zentrum der Weltkörper hin zunehmen muß, so müssen wir annehmen, daß an der Oberfläche des Jupiter feste Körper wohl schwerlich in großer Ausdehnung vorhanden sein können, oder aber, daß der Umfang der Jupiterscheibe, wie derselbe im Fernrohre erscheint, nicht dem Umfange des eigentlichen Kerns dieses Planeten entspricht, sondern vielmehr die äußersten Schichten einer sehr dichten Wolkenhülle darstellt. Daß in dieser Wolkenhülle äußerst stürmische Vorgänge stattfinden, habe ich schon im allgemeinen erwähnt, ich muß nun aber noch spezieller auf eine merkwürdige Erscheinung eingehen, die sich im Sommer 1878 zuerst auf dem Jupiter zeigte, und die auch 1883 noch wahrzunehmen war. Es ist dies das Auftreten einer ungeheuer großen roten Wolke auf der südlichen Hemisphäre des Jupiter. Trouvelot in Cambridge schätzte im Jahre 1878 ihren Durchmesser auf $^1/_5$ des Jupiterdurchmessers. Die Farbe dieses mächtigen Gebildes spielte ins Rosenrote und trat sehr intensiv hervor, weil die Wolke sich auf einem etwas hellweißen Hintergrunde projizierte. Ihre Gestalt

war eiförmig und die große Achse schien ein wenig gegen die Richtung der Streifen geneigt zu sein. Veränderungen im Aussehen dieser Wolke fanden nur sehr allmählich und in geringem Maße statt, auch hat sie ihren Ort auf dem Jupiter nicht sehr verändert, wenigstens deuten die Beobachtungen von Schmidt in Athen nur geringe periodische Schwankungen um eine mittlere Lage an. Lohse fand, daß der rote Fleck, wenn er infolge der Rotation an dem Rande der Jupiterscheibe erschien, alsdann in hohem Grade seine Intensität und Färbung verlor, ein Anzeichen, daß wahrscheinlich über ihm sehr dichte Gas- oder Dampfmassen lagerten. Die Oberfläche dieses roten Fleckes wird nach zahlreichen Messungen auf nicht weniger als 10 000 000 Quadratmeilen geschätzt, also größer als die ganze Erdoberfläche.

Es ist schwierig bei dem gegenwärtigen Zustande der Forschung eine einwurfsfreie Hypothese über die Natur dieser roten Wolke und über die physische Konstitution des Jupiter überhaupt aufzustellen. Prof. Hough, welcher an dem großen Refraktor zu Chicago den Jupiter anhaltend untersucht hat, glaubt, daß sich die sämtlichen wahrgenommenen Erscheinungen am besten durch die Annahme erklären, daß die Oberfläche des Jupiter von einer glühendflüssigen Masse bedeckt wird und daß sowohl der rote Fleck als die übrigen rotbraunen und dunklen Flecke wie Streifen aus einer Materie von etwas niedrigerer Temperatur bestehen. Über dieser glühendflüssigen Oberfläche hätte man ferner eine dichte Atmosphäre anzunehmen, in welcher die äquatorialen weißen Flecken entstehen, die wolkenartiger Natur sind. Hiernach wäre also Jupiter auch heute noch eine Art von kleiner Sonne, die zwar kein nennenswertes Licht in den Weltraum ausstrahlt, deren Oberfläche aber noch nicht in das Stadium der Erkaltung und Festigkeit übergegangen ist.

Wir können aus der Zeichnung erkennen, daß die Jupiterscheibe nicht kreisförmig ist, und in der That zeigt dieser Planet, entsprechend seinem raschen Umschwunge, eine beträchtliche Abplattung an seinen Polen, so daß der Polardurchmesser um etwa 1000 Meilen kürzer ist, als der Äquatorialdurchmesser.

Aber nicht einsam wandelt der Jupiter seine ferne Himmelsbahn. Selbst einer Sonne gleich an Größe und Macht, hat er auch eine Schar beherrschter Trabanten um sich versammelt. Schon der erste Beobachter, der sein Fernrohr auf den Jupiter richtete — und man bezeichnet als solchen bald den deutschen Astronomen Simon Marius, bald und mit zweifellosem Rechte den berühmten Galilei, und als die Zeit ihrer Entdeckung für den ersteren den 29. Dezember 1609, für den letzteren den 7. Januar 1610 — erblickte diese Trabanten oder Monde als kleine Lichtpunkte zur Seite der glänzenden Scheibe. Die geschärftesten Fernrohre der neueren Zeit haben ihre ursprüngliche Zahl 4 nicht vermehrt. Stets erscheinen sie in fast gerader Linie, bald zu zwei auf jeder Seite der Scheibe, bald 3 im Osten, einer im Westen, bald sämtlich auf derselben Seite. Seltsam genug leuchten sie in etwas verschiedenen Farben, der erste und dritte in lebhaftem Weiß, der zweite bläulich, der vierte in orange oder rötlichem Lichte, ob infolge besonderer Eigentümlichkeiten ihrer festen Massen oder einer lichtbrechenden Wirkung ihrer Atmosphären, muß unentschieden bleiben.

Es wird erzählt, daß es zu Zeiten einzelne Menschen gegeben habe, welche

die Jupitermonde mit bloßen Augen zu sehen im stande gewesen wären, und daß daher auch manche Völker, wie die Japanesen und vielleicht einige sibirische Stämme, eine Kenntnis von ihrem Dasein lange vor der Erfindung der Fernrohre gehabt hätten. Zu leugnen ist nun die Möglichkeit einer solchen Sichtbarkeit keineswegs. Die Jupitertrabanten zeigen Scheiben von $1-1^1/_2$ Sekunden Durchmesser, könnten uns also wohl als Sterne 6. Größe sichtbar werden. Für den gewöhnlichen Beobachter verschwinden aber diese kleinen Scheiben in dem falschen Lichte der Strahlen, mit dem sich der Jupiter wie jeder starkleuchtende Punkt für das unbewaffnete Auge nach allen Seiten einhüllt.

Erklärung des gleichzeitigen Verschwindens von drei Jupitermonden.

Allerdings ist es unzweifelhaft, daß in dieser Beziehung große Unterschiede zwischen den verschiedenen Augen bestehen, daß für das eine die Strahlen nur eine Länge von 3—5, für das andre von 12—15 Minuten erreichen. Nun stehen die Monde in Abständen von 2, 3, 5 und 9 Minuten von der Jupiterscheibe. Es ließe sich also wohl denken, daß in gewissen, ausnahmsweise scharfen Augen sich das Bild des Jupiter nur mit Strahlen von 1—2 Minuten Länge ausbreitete, und daß es diesen darum gestattet sei, jene Trabanten ohne optische Hilfsmittel

zu erblicken. Wenn aber damit auch für besonders begabte Augen die Möglichkeit, die Jupitertrabanten mit bloßen Augen zu sehen, zugegeben wird, so dürfte doch die Behauptung einer solchen Begabung nicht immer zweifellos hinzunehmen sein. Der Betrug spielt hier leicht eine eben solche Rolle, wie er sie bei der magnetischen Hellseherei oder gar Tischklopferei unsrer Tage gespielt hat. Arago erzählt davon ein sehr auffallendes Beispiel. Zu Anfang dieses Jahrhunderts machten zwei Schwestern in Hamburg dadurch allgemeines Aufsehen, daß sie die beiden entferntesten Jupitermonde deutlich und ohne Schwierigkeit erblickten. Als ein Astronom sie endlich auf die Probe stellte, zeigte sich, daß sie stets rechts vom Jupiter sahen, was in Wahrheit links stand, und diese seltsame Verwechselung klärte sich sehr leicht dadurch auf, daß die beiden Mädchen sich in ihren Angaben nach den Zeichnungen im Berliner Jahrbuche richteten, in welchem zur Bequemlichkeit der Astronomen die Stellungen der Monde und des Planeten nicht wie sie wirklich sind, sondern wie sie in den gewöhnlichen Fernrohren erscheinen, abgebildet waren. Professor Heis, der ein außerordentlich scharfes Auge besaß, erklärte, niemals einen Jupitertrabanten ohne Fernrohr wahrnehmen zu können. Einmal sah er allerdings einen schwachen Stern dicht neben Jupiter, aber es war dies der Gesamteindruck von zwei Monden, die gerade sehr nahe bei einander standen.

Das Gebiet des Jupiter wird durch diese Monde, die sich in fast kreisförmigen Bahnen und nahe in der Ebene des Äquators um ihren Zentralkörper bewegen, auf 500 000 Meilen erweitert. Denn der äußerste dieser Monde nimmt einen Abstand vom Mittelpunkte des Jupiter ein, welcher 27 seiner Halbmesser entspricht, während der nächste allerdings ihm auf 6 solcher Halbmesser nahe steht — eine außerordentliche Nähe gegenüber dem Abstande unsres Erdmondes von unsrer Erde, der, wie bekannt, über 60 Erdhalbmesser beträgt. Geringer freilich ist der Zuwachs an Gewicht, der dem Jupiter durch diese Monde wird. Allerdings ist der kleinste unter ihnen, der zweite, unserm Mond fast gleich, denn er mißt etwa 460 Meilen im Durchmesser, und der größte, der dritte, kommt sogar an Körperumfange dem Mars nahe, er mißt fast 750 Meilen. Aber ihre Gesamtmasse beträgt doch kaum den 6000sten Teil von der Masse des Zentralkörpers. Die Masse der einzelnen Monde ist übrigens mit großer Genauigkeit ermittelt, was man in betreff der Größen der Monde keineswegs behaupten kann. Das erklärt sich sehr leicht. Die Messung der Größe hängt ab von Beobachtungen, von Messungen scheinbarer, sehr kleiner Durchmesser, die nicht allein mit den gewöhnlichen Beobachtungsfehlern behaftet, sondern auch durch Unsicherheit in den Umrissen getrübt sein können. Für die Bestimmung der Massen aber geben die Monde für einander außerordentlich feine Wagen ab, durch die Störungen, die sie wechselseitig in ihrem Laufe hervorbringen. So sind ja auch die Monde die sicherste Wage für die Masse des Jupiter selbst geworden. Drückt man die mittleren Abstände dieser Monde durch Jupiter-Halbmesser aus, so ist die Distanz des ersten = 6, des zweiten = $9\frac{1}{2}$, des dritten = $15\frac{1}{5}$, und des vierten 27. In diesen Abständen prägt sich eine Art von Gesetzmäßigkeit aus, denn man erhält sie sehr nahe durch folgende Reihe:

1. Mond: $1 \times 3^2/_5 + 1 \times 2^1/_2 = 5^9/_{10}$,
2. „ $2 \times 3^2/_5 + 1 \times 2^1/_2 = 9^1/_3$,
3. „ $3 \times 3^2/_5 + 2 \times 2^1/_2 = 15^1/_5$,
4. „ $5 \times 3^2/_5 + 4 \times 2^1/_2 = 27$.

Vergleicht man die synodischen Umlaufszeiten der Monde miteinander, so findet sich, daß 247 Umläufe des ersten gleich sind 123 Umläufen des zweiten und ebenso 61 Umläufen des dritten Mondes, nämlich 437 Tage 4 Stunden. Daraus folgt, daß auch die Unregelmäßigkeiten der Verfinsterungen in eine Periode von dieser Dauer eingeschlossen sind, eine Thatsache, welche für die beiden innersten Monde bereits von Bradley aus den Beobachtungen erkannt wurde.

Bahnen der Jupitermonde.

Ferner hat Laplace gefunden, daß die mittlere Winkelbewegung des ersten Mondes + der doppelten mittleren Bewegung des dritten gleich ist der dreifachen mittleren Winkelbewegung des zweiten Mondes, sowie daß die mittlere Länge des ersten Mondes — der dreifachen mittleren Länge des zweiten + der doppelten mittleren Länge des dritten Mondes stets fast genau 180 Grad beträgt.

Aus dem letzteren Ergebnisse jenes Forschers folgt, daß die drei innersten Monde des Jupiter nie gleichzeitig verfinstert werden können. Nichtsdestoweniger können sie aber doch für den Beobachter von der Erde aus gleichzeitig unsichtbar sein, wie wir aus der Figur (S. 297) erkennen werden. Hier sind zwei Satelliten verfinstert und der dritte steht vor der Scheibe, so daß für den Augenblick von der Erde aus nur der vierte Satellit neben dem Jupiter zu sehen ist. Ja, in seltenen Fällen kann es vorkommen, daß Jupiter ganz ohne Satelliten gesehen

wird. Dies ereignete sich z. B. in der Nacht vom 21. zum 22. August 1867, wo Jupiter von 10 Uhr 13 Minuten bis 11 Uhr 58 Minuten mittlerer Zeit von Paris ganz ohne Satelliten erschien. Damals war der zweite seiner Monde verfinstert, während der erste, dritte und vierte vor der Scheibe standen. Ich habe schon die eigentümliche Lage der Bahnen dieser Monde, ihre geringe Neigung gegen die Äquatorialebene des Jupiter erwähnt. Eine Folge davon wie von der Größe des Jupiterkörpers ist nun, daß jeder dieser Monde bei jedem seiner Umläufe eine Sonnen- und Mondfinsternis für den Jupiter bewirkt. Nur der vierte Mond kann seiner etwas größern Neigung wegen bisweilen vorübergehen, ohne Finsternisse zu veranlassen. Wir können uns also denken, daß solche für uns Erdenbewohner so seltene Ereignisse hier eine ganz außerordentliche Häufigkeit haben müssen. Der erste dieser Monde vollendet ja seinen Umlauf in der kurzen Zeit von 42 St. 28 Min., und der fernste selbst gebraucht dazu nur 16 Tage 16 St. 32 Min. Es müssen sich daher ungefähr 4400 Mondfinsternisse und eben so viele Sonnenfinsternisse im Laufe eines Jupiterjahres ereignen. Von der Erde aus lassen sich diese Ereignisse sehr gut, und zwar etwa in nachfolgender Weise beobachten.

So oft ein Mond in den Schatten des Jupiter tritt, verschwindet er plötzlich wie ein erlöschendes Licht, und ebenso plötzlich tritt er wieder aus dem Schatten hervor. Wenn eine Sonnenfinsternis sich für den Jupiter ereignet, so sieht man von der Erde aus den schwarzen Schatten des Mondes auf der Jupiterscheibe langsam dahinziehen. Auch die hellen Monde sieht man dann deutlich in die Jupiterscheibe eintreten und erst gegen die Mitte hin ganz verschwinden, zum sichern Beweise, daß der Jupiter eine Atmosphäre hat und darum am Rande schwächer leuchtet als in der Mitte. In diesen Finsternissen nun ist uns der sicherste Beweis gegeben, daß das Eigenlicht, welches Jupiter aussendet, nur gering ist und dieser Planet hauptsächlich das erborgte Licht der Sonne zurückstrahlt. Die Schatten der Monde erscheinen für unser Urteil vollkommen schwarz; also haben auch die beschatteten Stellen des Jupiter höchstens nur ein sehr geringes eignes Licht. Daß aber der gewaltige Jupiter nicht ganz und gar des eignen Lichtes entbehrt, ist aus Gründen, die ich schon anführte, sehr wahrscheinlich, und ich kann diesen noch zufügen, daß auch die photometrischen Messungen Zöllners für diese Annahme sprechen. Aus denselben ergibt sich nämlich, daß die lichtreflektierende Kraft dieses Planeten 0,62 beträgt, oder daß fast $^2/_3$ des auffallenden Lichtes von ihm reflektiert zu werden scheinen. Diese reflektierende Kraft ist aber so groß, daß sie fast derjenigen des weißen Papiers oder des frisch gefallenen Schnees nahe kommt. Soll man aber den Jupiter aus einem so stark reflektierenden Stoffe zusammengesetzt denken? Das ist wohl nicht wahrscheinlich, selbst wenn man seiner wolkigen Hülle eine beträchtliche Reflexionsfähigkeit zuschreibt.'

Merkwürdig ist, daß die Jupitermonde bei ihren Vorübergängen vor der Scheibe des Hauptplaneten in dem Maße sich weniger von dem hellen Hintergrunde abheben, als sie tiefer in die Scheibe einrücken, ja in den zentralen Teilen

derselben sogar als dunkle Flecke wieder erscheinen. So sah Tebutt am 15. April 1873 den dritten Jupitermond, der sich anfangs als heller Fleck von der Scheibe des Hauptplaneten abhob, später verschwinden und darauf als dunklen Fleck wieder sichtbar werden, der zuletzt fast ebenso schwarz erschien als sein Schatten. Auch der erste Mond, der um dieselbe Zeit eingetreten war, erschien zuerst als heller Fleck. Die gleiche Erscheinung zeigte der dritte Mond am 8. April und 14. Mai. Diese Erscheinung läßt sich am einfachsten in folgender Weise erklären: Da Jupiter, wie wir wissen, von einer dichten Atmosphäre umhüllt ist, so müssen die gegen den Rand hin liegenden Teile beträchtlich dunkler erscheinen als die zentralen. Ein Mond, der vor die Scheibe tritt, wird sich daher anfangs hell vor seiner Umgebung abheben, dies aber immer weniger in dem Maße, als er sich dem Mittelpunkte nähert. Besitzt nun ein solcher Mond dieselbe lichtreflektierende Kraft wie der Planet Jupiter, so kann er höchstens neben seiner Umgebung verschwinden, aber niemals als dunkler Fleck erscheinen. In Wirklichkeit ist aber die lichtreflektierende Kraft Jupiters durchschnittlich dreimal größer als diejenige seiner Monde. Letztere müssen also, indem sie bei ihren Vorübergängen vor der Jupiterscheibe sich den zentralen Teilen derselben nähern, von einem gewissen Abstande an dunkler als ihre Umgebung erscheinen. Wie groß dieser Helligkeitsunterschied ist, hängt davon ab, ob der betreffende Teil der Jupiterscheibe von helleren oder dunkleren Streifen bedeckt ist. Daß etwaige Flecke auf den Trabantenscheiben auch dazu beitragen, deren Dunkel zu erhöhen, ist klar. Um die Thatsache zu erklären, daß Tebutt den dritten Mond zuletzt fast ebenso dunkel sah als seinen Schatten, braucht man sich bloß daran zu erinnern, daß Jupiter nur ein geringes eignes Licht besitzt, also die Trabantenschatten nicht absolut schwarz erscheinen können.

Ich vermag nicht gerade viel Aufklärung über die Naturverhältnisse dieser Monde zu versprechen, aber auch das Wenige wird bei ihrer Kleinheit und Ferne überraschend genug erscheinen. Man hat nämlich in der That Flecke auf diesen Monden beobachtet, ähnlich denen, wie sie uns von unserm Monde bekannt sind, die darum wohl auch auf ein ähnliches Detail der Oberflächen schließen lassen. Allerdings sind diese Flecke nur sichtbar, wenn die Monde in ihrem Umlaufe vor der Scheibe des Jupiter erscheinen, und dieser Umstand erklärt das Seltsame, was darin liegt, daß man Details unterscheiden soll, wo doch das Ganze durch seine Kleinheit sich der Wahrnehmung entzieht. Wir wissen, daß ein sehr kleiner leuchtender Gegenstand niemals scharf begrenzt erscheint, sondern sich fast wie ein formloses Licht darstellt, von welchem nach allen Richtungen mehr oder weniger lange Strahlen ausgehen. Dies gilt auch von einem Jupitermonde, wenn er außerhalb des Planeten erscheint; sein Bild ist verwaschen, und Strahlen verhindern die Sichtbarkeit jedes Fleckes. Sobald er aber vor den Planeten tritt, so muß sich seine Scheibe, wie klein sie auch sein mag, in aller Schärfe auf der Planetenscheibe darstellen: die Strahlen verschwinden, und nichts hindert mehr die schwarzen Flecke zu sehen, die durch den Kontrast ihres Dunkels zu dem kräftigen Licht der Umgebung noch deutlicher hervortreten.

Man hat diese Flecke mit der Beobachtung in Zusammenhang gebracht, daß diese Monde auffallende Änderungen in ihrer Helligkeit und scheinbaren Größe zeigen, Änderungen, die regelmäßig in denselben Stellungen der Monde in bezug auf den Jupiter und die Sonne wiederkehren. Man hat daraus den Schluß gezogen, daß sie uns abwechselnd alle ihre verschieden reflektierenden Seiten zukehren, daß sie aber eben darum dem Jupiter immer nur eine Seite zuwenden können, daß sie also eine Rotation besitzen, deren Dauer, wie bei unserm Erdmonde, genau mit den Zeiten ihres Umlaufes um den Hauptplaneten zusammenfällt.

Wir werden nun diese kleine Jupiterwelt verlassen, die uns gleichsam im Spiegel ein treues Abbild des großen Sonnensystems vorhält und dadurch einst außerordentlich viel zu schneller Verbreitung der Kopernikanischen Lehre beigetragen hat. Aber ich möchte nicht, daß es geschehe, ohne daß wir zwei große historische Erinnerungen, die sich an sie knüpfen, mitnehmen. Die Entdeckung der Jupitermonde ist die erste Frucht, welche die Erfindung des Fernrohres und seine Anwendung auf die Beobachtung der Gestirne trug, und die Beobachtung ihrer Finsternisse ist es gewesen, welche den dänischen Astronomen Römer im Jahre 1675 zur Messung der Lichtgeschwindigkeit veranlaßte, auf welche dann Bradley später die überaus wichtige Entdeckung der Lichtabirrung gründete. Aber auch eine praktische Bemerkung nehmen wir noch mit uns. Die Verfinsterungen der Jupitermonde haben auch eine Bedeutung für die Bereicherung unsrer geographischen Kenntnisse. Sie bieten uns die sichersten Mittel für die oft so schwierige Bestimmung der geographischen Längen, und schon Galilei war es, der darauf aufmerksam machte. Der Eintritt eines Jupitermondes in den Kernschatten des Planeten, wie der Beginn seines Austritts sind als augenblickliche und für Beobachter an den verschiedensten Orten der Erde, über deren Horizont der Jupiter sich gerade befindet, durchaus gleichzeitig zu betrachten. Es bedarf also nur einer Vergleichung der Uhren zweier Orte zur Zeit der Beobachtung eines solchen Vorganges, um den Längenunterschied beider Orte daraus abzuleiten. Durch die Ausbildung der Lehre von der allgemeinen Anziehung und genaue Berechnung der daraus folgenden Störungen im Laufe dieser Monde ist es jetzt gelungen, Tafeln zu entwerfen, welche die Ein- und Austritte der Monde für bestimmte Orte der Erde, etwa Paris oder London, mit großer Genauigkeit angeben. Dem Seefahrer freilich, der fern in den Wüsten der Meere mittels dieser kleinen Sterne den Lauf seines Schiffes richten will, tritt für jetzt noch die Schwierigkeit hindernd entgegen, welche die Beobachtung so kleiner Sterne mit Fernrohren von hinreichender Vergrößerung bei den beständigen Schwankungen des Schiffes mit sich bringt.

Wir wollen uns nun einen Augenblick auf einen der Jupitermonde versetzen, um unsre Augen an der wunderbaren Szenerie des nächtlichen Himmels dieser fernen Weltgegend sich weiden zu lassen. Mehr als 1000 Vollmonden gleich an Größe, den Raum eines ganzes Sternbildes wie der Orion umfassend, leuchtet die gewaltige Scheibe des Jupiter, und neben dieser Riesenscheibe schmücken noch

drei Monde den sternbesäeten Himmel. Fast volle zwei Erdentage währt diese Nacht, und um ihre Mitte sehen wir den Schatten unsres Mondes über die Jupiterscheibe hinziehen. Die Sonne geht auf, eine kleine blendende Scheibe, aber noch einmal unterbricht den Tag eine kurze, zwei Stunden lange Nacht, da der Jupiter vor die leuchtende Sonnenscheibe tritt. Und nur diese kurze Nacht ist eine wirkliche Nacht, so hell leuchtet die große Scheibe am nächtlichen Himmel.

Es hat eine Zeit gegeben, wo man den Plan einer schöpferischen Weisheit darin sehen wollte, daß dem Jupiter vier Monde zugesellt seien, als Ersatz für das kärglicher zugemessene Sonnenlicht. Man hat von dunklen Jupiternächten gesprochen, als ob die Abwesenheit einer fernern Sonne größeres Dunkel verbreiten könne, als die Abwesenheit einer nähern. Man hat von dem milden Glanze jener Monde gesprochen, von einer Tageshelle, die sie über die nächtlichen Landschaften ausgössen, als ob vier Monde am Himmel das verrichten könnten, von denen nur einer in der Größe unsres Mondes, zwei nur $^1/_3$, der vierte sogar nur $^1/_{12}$ so groß erscheinen, und die insgesamt doch blos 15 mal weniger Licht spenden als unser Mond, dessen Licht schon mehr als 600 000 mal schwächer als unser Sonnenlicht ist. Wir werden für solche Weisheitsträume wenig Bestätigendes auf dem Jupiter gefunden haben.

Scheinbare Größe des Saturn während seiner größten, mittlern und kleinsten Entfernung von der Erde.

Es ließe sich ja, wenn man solche Zweckbestimmungen von Welten füreinander gelten lassen wollte, kaum eine unweisere Einrichtung denken, als diese Stellung der Jupitermonde in der Äquatorebene des Hauptkörpers. Gerade die Polargegenden, die in ihren sechsjährigen Winternächten noch am meisten des Mondlichtes bedürften, sehen wegen dieser Stellung nie einen Mond über ihrem Horizonte, und selbst die Äquatorgegenden verlieren noch durch die zahlreichen Finsternisse, die ihnen zumal stets den Anblick des Vollmondes rauben, fast ein Viertel ihres Mondscheins. Jene altklugen, spießbürgerlichen Anschauungen werden am besten durch solche Wanderungen zerstört, wie wir sie miteinander unternommen. In der Fremde lernt man erst fremde Selbständigkeit achten und vergißt es, beschränkte Maßstäbe an große Erscheinungen zu legen.

Wieder geht es nun hinaus in den Weltenraum. Immer weiter dehnen sich jetzt die Strecken, welche die Welten voneinander trennen. Fast 90 Millionen Meilen haben wir zu durchfliegen, ehe wieder eine feste Welt uns Halt gebietet, und 190 Millionen Meilen liegt nun bereits die Sonne hinter uns, die nur noch als eine Scheibe von $3^1/_3$ Min. Durchmesser und mit 91 mal schwächerem Lichte, als sie der Erde leuchtet, am Himmel glänzt. Eine Welt steigt vor uns

aus der Nacht, die wunderbarste und großartigste aller Welten unsres Systems. Ich sage eine Welt, denn es ist nicht ein einfacher leuchtender Ball, sondern ein ganzes System von Körpern, zum Teil der seltsamsten Art, das diese Welt bildet. Auf 1 000 000 Meilen dehnt sich dieses Gebiet aus, in welchem der Saturn als mächtiger Herrscher thront, eine kleine Sonne gleichsam unter seinen Trabanten.

Wenn wir von der Erde aus dieses Gestirn erblickten, so würde es uns als ein trüber gelblichroter Stern, dessen Durchmesser von 15 bis 20 Sekunden wechselte, erscheinen. In Wirklichkeit sehen wir vor uns einen Ball, dessen Durchmesser 15 600 Meilen mißt, der an Größe fast 750 mal unsre Erde übertrifft.

Saturn und Erde in ihrem wahren Größenverhältnis.

Wenn schon dem Altertum die außerordentliche Langsamkeit seiner Bewegung auffiel, so begreifen wir diese jetzt aus der ungeheuern Ausdehnung seiner Bahn, die zu durchlaufen er fast $29\frac{1}{2}$ unsrer Jahre oder 10 759 Tage 23 Stunden $16\frac{1}{2}$ Minuten gebraucht.

Die wunderbarste Erscheinung der ganzen Saturnwelt ist jedenfalls der Ring. Schon der erste Astronom, der das Fernrohr auf den Saturn richtete, Galilei, war verwundert und verwirrt über das seltsame Aussehen, das er ihm bot. Er erblickte im Jahre 1610 mit seinem kleinen, 30mal vergrößernden Fernrohre zwei Sterne zu seinen beiden Seiten, die nicht von ihm weichen wollten und ihn anscheinend selbst berührten. Er verglich sie in seiner Verlegenheit mit zwei Dienern, welche den alten müden Saturn auf seinem weiten Wege stützten.

Als jedoch zwei Jahre später diese Seitensterne unsichtbar wurden, da glaubte Galilei, unmutig darüber, er sei durch ein Trugbild genarrt worden.

E. SALLE sculpsit

Ansichten des Planeten Saturn, nach Zeichnungen von Bond und Warren de la Rue.

Aber gerade das Verschwinden dieser Seitensterne oder Henkel, wie man sie später bezeichnete, wurde im Jahre 1659 für Huyghens die Veranlassung zur richtigen Erkenntnis dieser Erscheinung. Mit den von ihm selbst verfertigten großen Fernröhren hatte er mehrere Jahre hindurch den Saturn aufmerksam verfolgt und war dadurch zu der Überzeugung gelangt, daß die Kugel dieses Planeten in der Ebene ihres Äquators von einem dünnen, flachen, frei schwebenden Ringe umgeben sei. Daß diese Erklärung anfangs sehr wenig Anklang fand, darf uns nicht befremden. Sie forderte in der That einen zu plötzlichen Wechsel der Anschauungen, die auf die höchste Einfachheit im Bau der Welten hinausgingen. Hier sollte nun ein dünner, fast scheibenartig flacher Ring die Saturnkugel umschweben, völlig frei, durch nichts als die Anziehungskraft an sie gebunden und von der Sonne erleuchtet wie der Planet selbst. Diese Ansicht war für viele der damaligen Gelehrten ein Stein des Anstoßes, selbst für Riccioli, der sonst in kühnen Annahmen und seltsamen Hypothesen ziemlich weit zu gehen pflegte. Auch er fand die Behauptung von Huyghens unhaltbar. Dazu kam, daß man die Frage nach der äußeren Gestalt des Ringes mit derjenigen seiner Entstehung zusammenwarf, statt sich bloß an das Thatsächliche zu halten. Als freilich dieser Ring sich geeignet zeigte, alle die mit der fortschreitenden Verbesserung der Fernrohre auffallender hervortretenden Sonderbarkeiten in den äußeren Umrissen dieses Gestirnes zu erklären, da hörte man auf, an seinem Dasein zu zweifeln. Wenn wir diesen Ring von der Erde aus niemals in seiner wahren kreisrunden Gestalt erblicken, wenn er uns bisweilen sogar völlig verschwindet, so beweist dies, daß er gegen die Ebene der Saturnbahn und, bei der geringen Neigung derselben gegen unsre Erdbahn, auch gegen diese eine schiefe Stellung einnimmt, so daß wir ihn stets von der Seite und verkürzt erblicken. Wenn er in dieser unveränderlichen Lage mit dem Saturnkörper die Sonne umkreist, so wird er uns 15 Jahre lang die eine, 15 Jahre lang die andre seiner Seitenflächen zuwenden. Während dieser Bewegung kann er natürlich in eine Stellung kommen — und es muß dies sogar zweimal in den beiden Knoten der Bahn eintreten — wo seine Ebene genau mit der Ekliptik zusammenfällt, also durch die Sonne geht. Dann kann keine seiner breiten Seitenflächen, sondern nur die uns zugewandte äußere schmale Kante von der Sonne beleuchtet werden, und der Ring wird für uns völlig unsichtbar oder doch nur in sehr starken Fernrohren als schmaler Lichtstreifen erkennbar. Diese Unsichtbarkeit des Ringes dauert indes nur kurze Zeit. Die zarte Lichtlinie öffnet sich bald wieder und bildet zu beiden Seiten der Planetenscheibe die sogenannten Henkel, die sich endlich so erweitern, daß sie die Scheibe fast umschließen. Dann beginnt abermals die Verschmälerung des Ringes, und abermals verschwindet er endlich. Dieser regelmäßige Verlauf der Erscheinung, der sich zweimal im Umfange eines Saturnjahres wiederholt, erleidet allerdings infolge der Bewegung der Erde einige Veränderungen. Auch die Erde kann nämlich eine solche Stellung einnehmen, daß die Ebene des Saturnringes entweder gerade durch die Erde, oder zwischen Sonne und Erde hindurchgeht. In dem einen Falle wird uns dann nur die dunkle Kante,

im andern nur die dunkle, von der Sonne abgewandte Seite des Ringes zugekehrt, und in beiden Fällen bleibt er uns unsichtbar, oder wir sehen doch nur die dunkle Schattenlinie des Ringes auf der glänzenden Saturnscheibe. Diese Unsichtbarkeit des Ringes kann sogar Wochen und Monate lang für uns währen. Ich brauche wohl nicht erst zu sagen, daß die Lichtgestalten dieses Ringes sich aus den gegenseitigen Stellungen von Saturn, Sonne und Erde mit ebenso großer Genauigkeit vorher berechnen lassen, wie etwa die unsres Mondes, und wir werden zugeben, daß bei solcher Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung jeder Zweifel sich von selbst verbietet. Wir sehen auf der vorstehenden Tafel (S. 305) zwei Darstellungen des Saturn, wie sich dieser in den großen Fernrohren von Bond, Struve und Warren de la Rue darstellte.

Erklärung der Phasen des Saturn.

Die erste Zeichnung bezieht sich auf das Aussehen des Saturn im November 1852, die andre zeigt den Planeten, wie er im März sich darstellte. Zu dieser letzteren Zeit war der Ring nahezu am weitesten gegen die Erde geöffnet.

Wenden wir unsre Blicke zunächst auf den Saturnkörper selbst. Wie sich uns bei früheren Wanderungen durch die sonnennahen Regionen eine gewisse Verwandtschaft der dort kreisenden Planeten unabweislich aufdrängte, so tritt uns hier in der Sonnenferne unsres Systems eine ähnliche Verwandtschaft der Welten entgegen. Nicht ihre Riesengröße allein, auch ihre Dichtigkeit, ihre Rotation, selbst die Naturbeschaffenheit ihrer Oberflächen scheint diesen Planeten gewissermaßen einen Familiencharakter aufzuprägen. Wir haben schon über die geringe Dichtigkeit des Jupiter gestaunt; die des Saturn ist noch weit geringer. Aus den Wirkungen seiner Anziehung auf benachbarte Weltkörper, namentlich auf seine Monde, war man im stande, seine Masse zu schätzen. Man fand sie

nur 103 mal größer als die Erde, obgleich sein Körperinhalt doch den der Erde fast 750 mal übertrifft. Daraus folgt eine außerordentlich geringe Dichtigkeit dieses Körpers, 7 mal geringer als die Dichtigkeit der Erde und nur $^3/_4$ so groß als die des Wassers. Der scheinbare Durchmesser des Saturn in mittlerer Entfernung von der Erde beträgt nach den genauen Untersuchungen von Bessel in der Ebene des Äquators 17,05″, von Pol zu Pol 15,38″, und daraus folgen jene in Meilen ausgedrückten Dimensionen der Saturnkugel, welche ich dem Leser früher bereits mitteilte. Es ist nun eigentümlich, daß fast alle andern Beobachter den Saturn beträchtlich größer finden als Bessel. So ergaben für den Durchmesser des Saturnäquators die Messungen von Arago 17,70″, von Lassell 17,45″, von Struve 17,99″, von Jacobs 17,94″, von Secchi 17,66″.

Diese Messungen weichen untereinander selbst bedeutend ab. Was aber auch immer der Grund der von den genannten Astronomen gefundenen Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers der Saturnkugel sein mag, jedenfalls verdienen nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft die Messungen Bessels großes Vertrauen.

Wie in betreff der Dichtigkeit, so zeigt der Saturn auch in seiner Rotation eine große Übereinstimmung mit dem Jupiter. William Herschel bestimmte sie im Jahre 1794 aus der Beobachtung einiger dunklen Flecken oder vielmehr knotenartigen Verdichtungen in den Streifen des Saturn und fand für ihre Dauer 10 Stunden 29 Minuten 17 Sekunden. Seit jener Zeit verflossen 80 Jahre, ohne daß es möglich wurde, auf der Scheibe des Saturn irgend eine dunkle oder helle Stelle zu erkennen, die eine neue Bestimmung der Rotationsdauer liefern konnte. Das frühere Resultat W. Herschels wurde deshalb meist nur mit Mißtrauen betrachtet, indem man glaubte, daß es auf Täuschungen beruhe. Indessen hat die jüngste Zeit gezeigt, wie sorgfältig der große Beobachter auch bei diesen Beobachtungen gewesen ist. In der Nacht des 7. Dezember 1876 sah nämlich Professor Hall am Riesenrefraktor zu Washington auf der Saturnscheibe einen hellen Fleck von nur 2″ oder 3″ Durchmesser. Sogleich wurden telegraphisch die Besitzer großer Teleskope in Nordamerika von dem Ereignisse unterrichtet, und auf diese Weise war es möglich, bis anfangs Januar eine beträchtliche Anzahl von Beobachtungen zusammenzubringen, deren Diskussion für die Umdrehungsperiode des Saturn eine Dauer von 10 Stunden 14 Minuten 25 Sekunden lieferte, also im allgemeinen das frühere Resultat Herschels bestätigte. Die Rotationsbewegung des Saturn ist also zwar nicht ganz so schnell als die des Jupiter, aber noch immer mehr als doppelt so schnell als die der sonnennahen Planeten, und schnell genug, um eine besonders starke Abplattung erwarten zu lassen. Diese war denn auch in der That schon längere Zeit vorher von Herschel beobachtet und gemessen worden. Sie beträgt nach den Messungen Bessels $^1/_{10,2}$ des Durchmessers und ist somit die bedeutendste im ganzen Planetensystem, bedeutender selbst als die des schneller rotierenden Jupiter, dessen Abplattung nach Arago nur $^1/_{17}$, nach Beer und Mädler sogar nur zwischen $^1/_{18,7}$ und $^1/_{21,6}$ beträgt. Eine so außerordentliche Abplattung läßt sich nur erklären, wenn man eine gegen die Oberfläche abnehmende Dichtigkeit des Saturn annimmt. Völlig unerklärlich

würde aber sein, was Herschel gleichzeitig und mit den verschiedensten und schärfsten Fernröhren am Saturn beobachtet haben wollte. Die Gestalt des Saturn sollte nämlich nicht elliptisch sein, wie es die Rotation bedingt, sondern mehr einem an den Ecken abgerundeten Rechtecke gleichen. Kein Beobachter neuerer Zeit hat eine solche Unförmlichkeit des Saturn wieder gesehen, und trotz der großen Autorität wird nicht leicht noch jemand daran glauben.

An der Oberfläche des Planeten bemerken wir endlich ähnliche bandartige Streifen, wie sie auch den Jupiter auszeichnen. Sie wurden zuerst wahrgenommen von Dominicus Cassini im Jahre 1683, auch Huyghens scheint sie bemerkt zu haben. Diese Beobachtungen waren jedoch mehr oder weniger unsicher, und erst Messier gelang es, in den Jahren 1762 und 1766 jene Gebilde bestimmt zu beobachten. Im Jahre 1776 sah derselbe Astronom einen größeren, grauen, den Jupitersbanden ähnlichen Streifen. Genauere Wahrnehmungen beginnen erst mit W. Herschel. Seine mächtigen Teleskope zeigten, daß jene Streifen ähnlich wie beim Jupiter nicht konstant, sondern veränderlich sind. Nur sind sie beim Saturn breiter, aber auch matter und mehr gekrümmt. Die meisten dieser Streifen deuten auf einen atmosphärischen Ursprung hin. Nur der graue Äquatorialstreifen besitzt Beständigkeit und ist bis zu den Rändern des Planeten zu verfolgen, so daß er also der eigentlichen Oberfläche des Planeten angehören müßte, nach Mädler wohl gar eine Ansammlung von Flüssigkeit, eine Art großer Flutwelle wäre, die durch die Anziehung des über ihm schwebenden Ringes in der Äquatorialzone erzeugt würde. Doch ist nicht zu vergessen, daß hierbei an Wasser von der Dichtigkeit unsres irdischen durchaus nicht gedacht werden kann. Die mittlere Dichtigkeit des Saturn beträgt ja nur $^1/_7$ von derjenigen der Erde, sie ist also geringer als diejenige des Wassers. Dazu kommt, daß nach physikalisch-mechanischen Gesetzen die Dichtigkeit des Planeten von der Oberfläche gegen den Mittelpunkt hin zunehmen muß. An der Oberfläche des Saturn muß daher die durchschnittliche Dichtigkeit der dort befindlichen Materie geringer sein als die mittlere des gesamten Planeten, kann also um so weniger diejenige des Wassers erreichen. Wir dürfen daher in keinem Falle annehmen, Saturn besitze an seiner Oberfläche große Meere, überhaupt Wasseransammlungen. Dem scheint nun freilich eine Beobachtung des älteren Herschel zu widersprechen, welche, wenn sie völlig einwurfsfrei und von andern Astronomen bestätigt wäre, allerdings direkt das Vorhandensein von Wasser in gewissen Formen auf dem Saturn bewiese. Herschel fand nämlich, daß die Polarregionen dieses Planeten zur Zeit, wenn sie Sommer haben, weit weniger hell erscheinen, als in der entgegengesetzten Jahreszeit. Ähnliche Wahrnehmungen will auch Schröter gemacht haben; allein solange solche feinen und schwierigen Beobachtungen nicht durch genaue photo-

Anblick des Saturn, wenn die Erde in der Ebene seiner Ringe steht.

metrische Messungen unterstützt werden, wird man gut thun, weitere Schlüsse aus ihnen nicht zu ziehen. Ein ziemlicher Kontrast der Jahreszeiten ist beim Saturn allerdings durch die schiefe Stellung der Achse bedingt; aber ob man dabei auch an Schnee- und Eismassen denken darf, ist mehr als fraglich. Daß Saturn eine Atmosphäre besitzt, ist unzweifelhaft. Schon frühere Beobachter wollen bisweilen bemerkt haben, daß kleine Fixsterne, in deren Nähe der Planet bei seiner Fortbewegung am Himmelsgewölbe kommt, eine beträchtliche Abnahme ihrer Helligkeit zeigen, kurz ehe sie hinter dem Rande der Saturnscheibe verschwinden. Eine solche Erscheinung müßte eintreten, wenn Saturn eine beträchtliche Atmosphäre besäße, und man hat daher rückwärts auf diese geschlossen. Aber keiner der früheren Astronomen hat daran gedacht, daß diese Atmosphäre, wenn sie wirklich jene Schwächung des Lichtes der Fixsterne hervorriefe, eine ganz ungeheure Höhe und Dichtigkeit besitzen müßte. Nehmen wir einmal an, daß die Schwächung des Lichtes sich bloß in 2 Sekunden Abstand von dem Rande der Saturnscheibe bemerklich machte. Diese zwei Bogensekunden entsprechen einer wirklichen Höhe von 1800 geogr. Meilen, und in dieser Höhe müßte die Atmosphäre des Saturn so dicht sein, daß sie den hindurchgehenden Lichtstrahl in deutlich erkennbarem Maße abschwächte. Blicken wir nun auf unsre Atmosphäre und berücksichtigen wir die Abnahme der Dichte mit der zunehmenden Höhe, so finden wir, daß bei der Erdatmosphäre schon in 30 Meilen Höhe die Luft eine Viertelbillion mal dünner ist, als an der Erdoberfläche, also eine Verdünnung besitzt, die praktisch mit der gänzlichen Abwesenheit der Luft ziemlich gleichbedeutend ist. Hieraus kann man schließen, daß die Atmosphäre des Saturn eine ganz eigentümliche Beschaffenheit haben müßte, wenn sie noch in 1800 Meilen Höhe so dicht wäre, wie jene alten Beobachter glaubten. Die Erscheinung der abnehmenden Lichtstärke eines dem Rande des Saturn (und jedes andern hellen Planeten) naherückenden Fixsternes muß vielmehr auf physiologische Gründe zurückgeführt werden und hängt zusammen mit der Reizung der Netzhaut durch das helle Licht des benachbarten Planeten.

Wenn man dennoch die Existenz einer Saturnatmosphäre behaupten darf, so stützt diese Behauptung sich zunächst auf die Analogie, und eine wichtige Stütze dieser Ansicht bieten die Ergebnisse der spektroskopischen Untersuchung dar. Nach den Untersuchungen von Secchi und besonders von Vogel zeigt das Spektrum des Saturn mehrere Abweichungen vom Sonnenspektrum, vorzüglich im roten und orangen Teile. Dort zeigen sich einige dunkle Banden, die teilweise mit Liniengruppen des Absorptionsspektrums unsrer Atmosphäre zusammenfallen. Die blauen und violetten Strahlen erleiden eine gleichmäßige Absorption beim Durchgange durch die Atmosphäre des Saturn. Es ist dies, wie Vogel hervorhebt, besonders auffallend im Spektrum des dunklen Äquatorialgürtels. Im allgemeinen besitzt das Spektrum des Saturn eine große Übereinstimmung mit demjenigen des Jupiter.

Richten wir jetzt unsre Blicke auf den Ring des Planeten, und ich will versuchen, ob ich dem Leser auch hier einigermaßen befriedigende Aufschlüsse geben

kann. Daß wir es hier nicht etwa mit einem bloßen Lichtmeteor oder auch nur einer bloßen Dunsthülle, wie noch sehr wissenschaftliche Männer der letzten Jahrhunderte glaubten, sondern mit einer wahrhaft körperlichen Welt zu thun haben, das geht schon aus dem schwarzen Schatten hervor, den dieser Ring auf den Körper des Saturn wirft. Wir haben darin zugleich einen Beweis, daß auch der Saturn ein an sich dunkler Körper ist und sein Licht nur von der Sonne empfängt.

Anblick der Ringe des Saturn aus der Richtung seiner Pole.

Für den Ring liefert der dunkle Schatten, welchen der Saturn auf seine entferntere Seite wirft, denselben Beweis. Aber wir haben auch aller Wahrscheinlichkeit nach nicht bloß *einen* Ring, sondern eine Mehrzahl von Ringen vor uns, die wohl gar noch in einer innern schöpferischen Beweglichkeit begriffen sind. Schon Cassini erkannte im Jahre 1675 einen dunklen Streifen in dem Ringe, welcher seinen Rändern parallel den Ring in zwei ungleiche Teile scheidet, von denen der innere und zugleich bei weitem breitere sehr hell, der äußere dagegen etwas dunkler erscheint, so daß sie ihn an die Unterschiede polierten und matten Silbers erinnerten. Man nennt diese dunkle Linie die Cassinische Trennung, und wir nehmen sie auf den vorstehenden beiden Zeichnungen des Planeten deutlich als schmalen, schwarzen Streifen wahr. William Herschel

untersuchte mit seinen großen Instrumenten den Saturn in den Jahren 1789 bis 1792 genauer und fand, daß jene schwarze Linie auf beiden Seiten des Ringes und stets in gleichem Abstande vom äußern Rande erscheint, daß sie beständig gleich breit und überall scharf begrenzt ist, daß sie unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen völlig so schwarz erscheint, wie der dunkle Raum zwischen Ring und Planet. Er zog daraus den wichtigen und noch heute anerkannten Schluß, daß jene schwarze Linie eine wirkliche Teilung des großen Ringes bezeichne.

Inzwischen hat man es bei dieser Doppelgestalt des Ringes nicht bewenden lassen. Schon früher hatte man auf dem äußern Ringe zahlreiche zarte Streifen und Linien bemerkt, die aber eine große Veränderlichkeit zeigten. Später haben Encke in Berlin und de Vico in Rom noch drei solcher feiner schwarzer Linien, eine auf dem äußern, zwei auf dem innern Ringe entdeckt, die sie ihrer Schärfe und Beständigkeit wegen für wirkliche Teilungen gehalten wissen wollen.

Aussehen des Saturn am 28. November 1848, nach Bond.

Diese Trennungen sind jedoch später auch mit viel mächtigeren Teleskopen nicht mehr wahrgenommen worden; selbst die deutlichste davon, auf dem äußern Ringe, der man den Namen Enckesche Trennung gegeben hat, kann zuzeiten kaum wahrgenommen werden, und im Jahre 1875 und 1876 erschien sie selbst in dem großen Refraktor zu Washington so matt wie eine graue Bleistiftlinie. Einige Jahre später konnte sie Struve im 14zolligen Refraktor zu Pulkowa überhaupt nicht mit Sicherheit wahrnehmen. Es ist also wohl kaum einem Zweifel unterworfen, daß auf dem Ringe des Saturn sich Teilungen bilden und wieder verschwinden. Hierhin gehört auch die interessante Entdeckung, welche in den letzten Monaten des Jahres 1850 von dem amerikanischen Astronomen Bond und von den englischen Astronomen Dawes und Lassell fast gleichzeitig gemacht wurden. Sie erkannten nämlich deutlich innerhalb des bisherigen Ringsystems einen neuen sehr lichtschwachen, dunklern Ring, der ungefähr ein Dritteil des bisher für leer

angesehenen Raumes zwischen Ring und Planet ausfüllt. Auch dieser sogenannte dunkle oder „Crap“-Ring scheint großen Veränderungen zu unterliegen. Zunächst ist zu bemerken, daß er heute so leicht sichtbar ist, daß man ihn auch in einem Fernrohr von 4 Zoll Objektivdurchmesser ohne alle Schwierigkeit wahrnimmt, sodaß es geradezu unbegreiflich wäre, daß die früheren Beobachter des Saturn ihn sollten übersehen haben, wenn er damals so hell gewesen als heute. Dann zeigt auch dieser Ring gegenwärtig keine scharfe Trennung rechts von dem hellen innern Ringe, sondern beide gehen allmählich ineinander über.

Der Saturn von seinem Ringe aus gesehen.

Die Beobachtungen von Trouvelot am großen Refraktor zu Washington lehren außerdem, daß der dunkle Ring nicht, wie man häufig glaubt, gänzlich durchsichtig ist, sondern daß er gegen den hellen Ring hin immer dichter wird. Nur an seinem innersten Rande schimmert der Planet noch hindurch.

Wenn wir bedenken, daß die ganze Ausdehnung dieser Ringgebilde uns nur in der Breite von etwa 40 Sekunden, also kaum dem Durchmesser der Jupiterscheibe in ihrer mittleren Größe gleich, erscheint, so werden wir auch begreifen, wie schwierig es ist, einigermaßen befriedigende Aufschlüsse über die wirklichen Dimensionen ihrer einzelnen Teile zu gewinnen. Die genauesten und zahlreichsten Messungen der Dimensionen des Saturnringes sind von dem ältern Struve ausgeführt worden. Hiernach beträgt der äußerste Durchmesser des Ringsystems 40″ oder 37 000 geogr. Meilen. Der innere Durchmesser umspannt 26,67″ oder 25 000 Meilen, die Breite des ganzen Ringsystems ist also

6000 Meilen. Die innerste Ringkante steht von dem nächsten Teile der Oberfläche des Planeten nur 4400 Meilen entfernt, das ist gleich dem elften Teile der Distanz unsres Mondes von der Erde. Die Breite der Cassinischen Trennungsspalte beträgt 0,4" oder 380 Meilen. Die Dicke des Ringsystems muß sehr unbedeutend sein, denn wenn die Erde in seiner Ebene sich befindet, verschwindet der Ring für die meisten Fernrohre. In sehr starken Instrumenten erblickt man dann das Ringsystem als feine, teilweise unterbrochene und hier und da durch hellere Punkte ausgezeichnete Linie. Die Figur auf Seite 312 zeigt dies nach einer Zeichnung von Bond.

Es wird dem Leser schwer werden, sich eine Vorstellung von diesem sonderbaren Ringgebäude zu machen, ja wir werden an der Möglichkeit einer solchen in der Luft gewölbten Riesenbrücke überhaupt zweifeln. Aus diesen Zweifeln können wir uns durch einige Rückerinnerungen aus der irdischen Mechanik befreien. Wenn wir z. B. einen Brückenbogen sich kühn über einen breiten Fluß spannen sehen, so fragen wir nicht, warum der Schlußstein dieses Bogens dem Einflusse der irdischen Schwere nicht nachgibt. Wir wissen, daß der Stein vermöge seiner Form nur dann sich von dem Gewölbe losreißen könnte, wenn die beiden benachbarten Steine, mit denen er in Berührung steht, entfernt würden. Das Fallbestreben des Steines ist also hier in einen doppelten, nach links und rechts auf die beiden Nachbarsteine ausgeübten Druck umgewandelt. Denken wir uns nun ein solches Brückengewölbe in einer gewissen Höhe rings um die ganze Erde fortgesetzt, so wird jeder darin als Schlußstein gelten können und der ganze Zug dieses Gewölbes nach unten in Seitenkräfte aufgelöst sein, die einander das Gleichgewicht halten. Momentan also würde eine solche Brücke, ohne Stützen und Pfeiler einem Kranze gleich rings um den Aequator der Erde schwebend, wohl Bestand haben können. Aber ich sage nur momentan; denn der dauernde Bestand dieses Gewölbes erfordert als notwendige Bedingung, daß alle seine Teile gleichmäßig von der Erde angezogen werden. Jede einseitige Vermehrung oder Verminderung des Druckes, wie sie schon die Einwirkung des Mondes unvermeidlich macht, würde das Gleichgewicht zerstören und den Einsturz des ganzen Gewölbes zur Folge haben.

Und dennoch, werden wir sagen, schwebt ja solch eine Brücke über dem Äquator des Saturn! Es müssen also hier jenen einseitigen Veränderungen der Schwere Vorrichtungen entgegengesetzt sein, durch welche sie ausgeglichen werden. Eine der wichtigsten Gegenwirkungen gegen die Schwere kennen wir bereits in der Rotation. Aber diese reicht allein nicht hin. Wäre der Ring gleichförmig in allen seinen Teilen, so würde er dennoch durch die geringste Kraft, wie die Anziehung eines Satelliten, aus seinem Gleichgewicht gebracht werden können und in sich zusammenbrechen.

Also auch eine gewisse Unregelmäßigkeit der Gestalt, eine ungleiche Breite seiner verschiedenen Teile gehört zum Bestehen des Ringes, so daß sein Schwerpunkt nicht mit seinem geometrischen Mittelpunkte zusammenfällt, sondern eine gewisse Beweglichkeit besitzt, ähnlich der eines Satelliten, der sich um den Mittel=

punkt des Saturn in einer von den Ungleichheiten der Ringe abhängigen Entfernung bewegen müßte. Übrigens sind Rotation und exzentrische Lage des Saturnringes, die erstere kurz nach dem theoretischen Nachweis Laplaces, die andre einige 30 Jahre später durch die Beobachtung festgestellt worden.

Von Zeit zu Zeit nimmt man nämlich auf der Oberfläche des Ringes kurz vor seinem Verschwinden oder bald nach seinem Wiedererscheinen gewisse Erhöhungen oder Ungleichheiten wahr, die unmöglich ihren Grund in einer bloßen Täuschung haben können. Will man sie also nicht für wirkliche leuchtende Flecke der Ringes halten, so bleibt nur übrig, sie auf irgend einen der Satelliten zurückzuführen. Schon Herschel machte aber im Jahre 1790 die Bemerkung, daß die Bewegungen derselben mit keinem der bekannten Satelliten in Einklang zu bringen seien. Er hätte nun auf einen neuen Trabanten schließen können. Aber die Umlaufszeit, welche sich aus der Bewegung jener Flecken ergab, betrug 10 Stunden 12 Minuten 15 Sekunden, und der angenommene Satellit hätte sich nach den bekannten gesetzlichen Verhältnissen, die zwischen Umlaufszeit und Entfernung bestehen, innerhalb der Ringe selbst bewegen müssen. Wir sehen also, daß Herschel genötigt war, jene Flecken als den Ringen selbst angehörig zu betrachten und in jener Rotationszeit die des Ringes zu sehen. In der That entspricht diese Rotation fast genau der von Laplace theoretisch geforderten und steht zugleich in naher Übereinstimmung mit der Rotation des Planeten selbst.

Auf die exzentrische Lage des Saturnringes war schon zu Ende des 17. Jahrhunderts von dem französischen Geistlichen Gallet aufmerksam gemacht worden. Man hatte sie damals nicht beachtet. Erst im Jahre 1827 wurde diese Thatsache durch Schwabe in Dessau von neuem entdeckt, und die Beobachtungen von Harding, Struve, John Herschel und James South bestätigen sie. Der Ring des Saturn umschwebt nicht genau konzentrisch die Kugel des Planeten; der Mittelpunkt der Kugel liegt vielmehr etwa $^2/_{10}$ Sekunden vom Mittelpunkt des Ringes. Dies geht aus früheren Messungen hervor, doch zeigen die jüngsten veröffentlichten Untersuchungen von O. Struve in Pulkowa, daß gegenwärtig Saturn völlig zentrisch in seinem Ringsystem schwebt.

Man kann sich denken, wie sehr man darüber nachgegrübelt hat, um eine faßliche Vorstellung von der materiellen Beschaffenheit dieser sonderbaren Welt zu gewinnen, wie tief mancher sich selbst in die Abgründe der Phantasie gewagt hat, um hier eine Aufklärung zu finden. Die einen meinten, der Ring sei am besten durch einen Kometenschweif zu erklären. Ein Komet sollte durch die Anziehungskraft des Saturn gezwungen sein, ihn zu umkreisen; da wäre denn sein Kern zu einem Satelliten, sein Schweif zum Ringe geworden. Andre wollten in dem Ringe den ehemaligen Äquatorgürtel des Planeten sehen, der entweder durch die Wirkung der Zentrifugalkraft sich von demselben abgelöst habe, oder bei einer schnellen Erstarrung und Abkühlung des früher weit ausgedehnteren Planeten zurückgeblieben sei. Noch andre endlich stellten sich den Ring als einen Schwarm außerordentlich kleiner Satelliten vor, deren Bahnen einander so nahe lägen, daß sie uns in der großen Ferne als ein zusammenhängender Körper erschienen.

Diese Erklärungen wurden aber von den thatsächlichen Erscheinungen bald überholt, und nur die letztgenannte besitzt Wahrscheinlichkeit.

Noch immer gehört der Saturn zu den rätselhaftesten Wesen unsrer Weltordnung. Nicht einmal, ob wir für flüssig oder starr den Körper des Saturn erklären sollen, oder ob, wie manche wollen, Wolkenzüge die Saturnringe und Dampfmassen oder Dunstbläschen die Berge des Saturn bilden, läßt sich entscheiden. Von Bedeutung sind nur die Resultate derjenigen Forschungen, die frei von allem Spiel der Einbildungskraft, allein aus den Bedingungen der Stabilität auf die Natur des Saturnringes zu schließen versuchen. Die Flüssigkeit des Saturnringes, wie sie auf wissenschaftlichem Wege von zwei amerikanischen Astronomen, Bond und Peirce, nicht als wirklich, sondern als notwendig nachgewiesen worden, dürfte daher größere Wahrscheinlichkeit für sich haben, als alle noch so scharfsinnigen Erklärungsversuche für den Ursprung der Ringe.

Saturn und seine Trabanten.

Wenn überhaupt das Wesen eines Systems darin zu suchen ist, daß jedes einzelne Glied zum Bestehen des Ganzen notwendig ist, so haben wir in dem Saturnsystem einen der überzeugendsten Belege. Auch jene Ringe würden trotz Erfüllung aller sonstigen Bedingungen der Stabilität, trotz der Rotation, trotz der Ungleichheiten, trotz der exzentrischen Lage, sich nicht im Gleichgewicht zu erhalten vermögen, wenn, wie eben jene amerikanischen Astronomen nachgewiesen haben, die Satelliten oder Monde des Saturn durch ihre Einwirkung und Stellung nicht erst dem Ganzen Festigkeit verliehen.

Acht solcher Satelliten hat der Scharfblick des Astronomen in dem Herrschergebiete des Saturn entdeckt, die letzten ihrer außerordentlichen Kleinheit wegen nur mit Hilfe der Riesenteleskope des vorigen und des gegenwärtigen Jahrhunderts. Erst seit man auf den Gedanken kam, die blendende Saturnscheibe durch einen Schirm zu verdecken, ist es möglich geworden, auch die kleinsten mit mäßigen Fernröhren zu erblicken.

Huyghens war es, der am 25. März 1655 den ersten dieser Trabanten, den größten und sichtbarsten von allen, der in ihrer Reihe nach seinem Abstande die sechste Stelle einnimmt, mit Hilfe zweier von ihm selbst verfertigten Fernrohre auffand. Seine Instrumente wären vollkommen geeignet gewesen, ihn noch weitere Entdeckungen machen zu lassen, wenn nicht ein seltsamer Umstand seiner Forschung ein Ziel gesetzt hätte. Es herrschte nämlich damals noch die Ansicht, daß die Zahl der Hauptplaneten von der Gesamtzahl der Nebenplaneten unmöglich übertroffen werden könne. Zu den sechs damals bekannten Planeten war nun der sechste Mond gefunden, und selbst ein Huyghens hielt es für unnütz, weiter zu suchen. Aber schon 16 Jahre später sollte dieses angebliche kosmische

Gesetz auf eine glänzende Weise vernichtet werden. Cassini entdeckte vom Jahre 1671 bis zum Jahre 1684 vier neue Satelliten des Saturn, in der Reihe der Abstände vom Hauptplaneten den achten, den fünften, vierten und dritten. Durch das Herschelsche Riesenteleskop wurden auch der erste und zweite der Satelliten 1789 entdeckt. Der letzte aber, der siebente, wurde erst 1840 durch Bond in Cambridge in Nordamerika und fast gleichzeitig durch Lassell in Liverpool aufgefunden.

Die Umlaufsbahnen der Saturn-Trabanten.

Zur Bezeichnung dieser Satelliten, deren Entdeckung in so langen Zwischenräumen und unabhängig von ihrer Größe oder ihren Abständen vom Hauptkörper erfolgte, schlug Herschel, um Verwirrung zu vermeiden, besondre Namen vor. Der dem Planeten nächststehende erhielt den Namen Mimas, darauf folgen Enceladus, Thetis, Dione, Rhea, Titan, Hyperion und Japetus.

Die Naturverhältnisse dieser kleinen Welten sind natürlich dem Auge der Wissenschaft noch verschlossen; nicht einmal über ihre Größe läßt sich ein sicheres Urteil gewinnen. Selbst der größte, Titan, bleibt hinter unserm Monde zurück. Der innerste Mond ist auch für größere Instrumente kein leichtes Objekt, weil er sich niemals weit vom Saturnringe entfernt, am leichtesten ist er erst wahrzunehmen wenn der Ring sehr schmal oder ganz verschwunden ist. W. Herschel hat diesen Mond, wie bemerkt, am 40fußigen Teleskop entdeckt, seine kleineren

Instrumente, selbst das berühmte 20fußige Teleskop haben ihn nicht gezeigt. John Herschel fand auch den Enceladus für das letztgenannte Teleskop sehr schwierig, obgleich er weit leichter zu sehen ist als der innerste. Im Jahre 1838 hat jedoch de Vico in Rom Mimas an einem Refraktor von 6 Zoll Öffnung wiedergesehen. Der Beobachter benutzte dabei den Kunstgriff, den Saturn selbst durch ein im Brennpunkte des Fernrohrs angebrachtes Plättchen zu verdecken, worauf beide innern Monde sogleich hervortraten, nachdem sie bis dahin von dem Hauptplaneten überglänzt worden waren. Im Jahre 1857 hat Kapitän Jakob zu Madras ebenfalls mit einem Refraktor von 6 Zoll Öffnung den Mimas beobachten können, während Lassell in seinen Riesenrefraktor denselben für ein äußerst schwieriges Objekt erklärt. Man kann daher vermuten, daß dieser Mond gelegentliche Helligkeitsschwankungen zeigt. Hyperion, der siebente in der Reihe der Saturnmonde, ist der lichtschwächste von allen und nur mit den mächtigsten Ferngläsern zu sehen.

Vorübergang des Titan vor der Saturnscheibe am 1. Mai 1862.

Merkwürdig ist, daß die Abstände der Monde ein gewisses Gesetz zeigen. Sie lassen sich nämlich durch eine bestimmte Reihe nahezu darstellen, wobei der Halbmesser des Saturn die Einheit bildet.

Die Abweichungen sind nur beim siebenten Monde einigermaßen bedeutend, dessen Bahn überhaupt noch wenig erforscht ist. Das Gleiche gilt von dem achten Monde. Merkwürdig ist, daß die obige Reihe zwischen dem fünften und sechsten Monde noch einen Trabanten verlangt. Es ist nicht unmöglich, vielleicht sogar wahrscheinlich, daß hier auch wirklich ein Mond existiert, den man bis jetzt noch nicht aufgefunden hat. Überhaupt ist das Satellitensystem des Saturn, mit Ausnahme des Titan, noch sehr wenig erforscht. Man weiß indes, daß die Bahnen dieser Monde wenig von der Ebene des Ringes abweichen. Sie haben auch ihre Finsternisse und erzeugen solche für den Hauptplaneten, nur sind diese etwas seltener als in der Jupiterswelt, wegen der etwas größeren Bahnneigungen, und werden noch seltener wahrnehmbar, weil der Ring sie verdeckt. Auch eine Achsendrehung ist wenigstens an einem der Monde, dem achten, beobachtet worden. Seine regelmäßige Lichtschwächung, die fast bis zum völligen Verschwinden sich

steigert, in dem östlichen Teile seiner Bahn läßt mit Recht darauf schließen, daß dieser Mond uns abwechselnd eine glänzende und eine weniger glänzende Seite zuwendet, und die Abhängigkeit dieser Erscheinungen von dem Umlaufe des Mondes um den Saturn deutet wieder darauf hin, daß Rotationsdauer und Umlaufszeit genau miteinander zusammenfallen. Wir sehen, wie diese Eigentümlichkeit, der wir früher bei unserm eignen Monde begegneten, sich immer mehr zu einem allgemein für alle Satellitensysteme geltenden Gesetze gestaltet.

Ansicht des Ringsystems des Saturn, von letzterem unter 28° Breite gesehen, um Mitternacht zwischen den Äquinoktien und Solstitien Saturns.

Es gibt aber auch noch einige besondere Verhältnisse in diesem untergeordneten Gebiete der seltsamen Saturnswelt, die wohl geeignet sind, unsre Vorstellungen von ihrer Seltsamkeit noch zu erhöhen. Nirgends, mit Ausnahme des Mars, sehen wir einen Satelliten seinem Hauptkörper so nahe gerückt als hier. Während der Abstand unsres Mondes von der Erde fast 60 Erdhalbmesser beträgt, sehen wir hier einen Mond nur $3^1/_7$ Saturnhalbmesser von dem Mittelpunkte des Saturn entfernt, bis auf 18 000 Meilen der Oberfläche des Planeten, bis auf 6900 Meilen den Grenzen der Ringe genähert und in nicht mehr als 22 St. 36 Min. 17 Sek. seinen Lauf um den Planeten vollendend. Ein Mond, der seinen ganzen Umlauf in weniger als einem ganzen Erdentage vollendet, ist gewiß keine der geringsten Merkwürdigkeiten des merkwürdigsten unter allen Planeten, welche das Firmament den Blicken des Menschen darbietet. Die übrigen Monde sind zwar in weiteren Abständen geordnet, und der letzte, der Japetus, steht ungefähr eine halbe Million Meilen vom Zentrum des Planeten und braucht 79 Tage 7 St. 54 Min., um seinen

Umlauf zu vollenden. Aber auch hier tritt uns eine überraschende Thatsache entgegen, die bisher nur zu wenig beachtet worden ist. Unter den Garantien, welche man für den dauernden Bestand unsres Planetensystems aufführt, haben wir auch die vernommen, daß die Umlaufszeiten zweier Planeten niemals in einem rationalen Verhältnis stehen, d. h. niemals Vielfache voneinander sein dürfen. Die Folge eines solchen Verhältnisses würde nämlich sein, daß die Stellungen der Planeten zu einander in regelmäßigen Perioden wiederkehren, die störenden Wirkungen, die sie aufeinander ausüben, sich also nicht aufheben oder schwächen, sondern verdoppeln und vervielfachen müßten.

Ansicht des Ringsystems des Saturn, von letzterem unter 28° Breite gesehen, um Mitternacht zur Zeit der Solstitien Saturns.

So unbedeutend jede einzelne Störung auch wäre, im Laufe der Jahrhunderte würde sie durch diese Anhäufung eine so ungeheure Größe erlangen, daß sie das ganze System mit Vernichtung bedrohen würde. Im ganzen Planetensystem ist in der That kein einziges Verhältnis dieser Art anzutreffen; wo sich aber auch nur eine Annäherung dazu zeigt, wie zwischen Jupiter und Saturn, da treten auch bedeutende Störungsanhäufungen ein, die erst in langen Perioden eine Ausgleichung finden. Hier nun in dem Satellitensystem des Saturn scheint dieses gefährliche Verhältnis in auffallender Genauigkeit Geltung zu haben. Die Umlaufszeit des dritten Mondes ist doppelt so groß als die des ersten, und der vierte hat die doppelte Umlaufszeit des zweiten, und zwar in einer Genauigkeit, die sich bis auf $^1/_{800}$ der Periode erstreckt. Eine andre merkwürdige Periodizität in der Umlaufszeit wenigstens der vier innersten Saturnmonde ist später von Professor d'Arrest in Kopenhagen entdeckt worden. Es sind nämlich 494 Umläufe des ersten Saturnmondes

= 465 Tagen 18 Stunden, und genau ebenso lang sind 340 Umläufe des zweiten, 247 Umläufe des dritten und 170 Umläufe des vierten Saturnmondes. Wir können daraus verstehen, in welch erschreckendem Grade die gegenseitigen Störungen dieser Monde bisweilen anwachsen müssen, ja wir werden die Dauer des Systems in Frage gestellt sehen. Und doch ist vielleicht gerade in dieser eigentümlichen und einzig in den bekannten Räumen der Weltordnung dastehenden Einrichtung eine jener Bedingungen zu sehen, durch welche das schwankende Gebäude des Ringes erhalten wird, durch welche aber auch nach den jüngsten Untersuchungen von Dr. Wilhelm Meyer die Trennungen im Ringsystem hervorgerufen werden.

Ansicht einer Phase des Saturn von einem Punkte auf der Nachtseite des Ringsystems.

Ehe wir aus dieser Wunderwelt scheiden, sei es uns vergönnt, sie noch einmal in flüchtiger Wanderung zu durcheilen und uns an dem Anblick ihrer Himmelslandschaften zu ergötzen. Wir wollen unsre Wanderung von dem eisigen Pole der Saturnkugel selbst beginnen. An seinem dunklen, sternbedeckten Himmelsgewölbe erblicken wir nichts vom Ringe, nichts von einem der glänzenden Monde. Wandern wir aber weiter nach Süden hinab, so wird sich bald ein schmaler Lichtsaum am Horizonte zeigen, der allmählich zu einem glänzenden Bogen anwächst und endlich sich hoch zum Himmel erhebt. Jetzt stehen wir unter dem Äquator selbst. Es ist Sommer, und Tag und Nacht beleuchtet jetzt die Sonne die innere Kante des Ringes, die wie ein schmaler Lichtbogen durch den Zenith des Himmels von Ost nach West sich spannt. Eine Zeitlang verdeckt noch zur Nachtzeit der Schatten des Saturn ein Stück des Ringes, aber dieser Schatten wird immer kürzer

und um die Mitte des Sommers verschwindet er gänzlich. Ununterbrochen in reinem Glanze schwebt jetzt die Lichtbrücke über uns. An ihr hin wandeln Sonne, Sterne und Monde von allen Größen und in allen Lichtphasen, die der eine in je 22 Stunden durchläuft. Aber die Landschaft ändert sich; es ist Winter geworden. Fast plötzlich verdunkelt sich das ganze Ringsystem, und mit ihm verschwindet eine Reihe von Sternbildern am Himmel, die es verdeckt. Immer näher rücken die Tagbogen der Sonne dem Ringe; endlich verschwindet sie gänzlich hinter ihm. Eine große Sonnenfinsternis tritt ein, nur unterbrochen durch kurze Lichtblicke, wenn die Sonne durch die Zwischenräume der einzelnen Ringe durchscheint; 3740 Erdentage währt diese Winternacht, dann bricht die Sonne wieder hervor, und nicht lange mehr, so verkündet der blitzende Saum des Ringgewölbes das Nahen des Sommers.

Wir verlassen diesen Ball und versetzen uns einen Augenblick auf das Ringgebilde selbst, auf seine innere Kante. Das großartigste Schauspiel unsres ganzen Planetensystems entfaltet sich vor uns. Über uns im Zenith glänzt die gewaltige Scheibe des Saturn, 20000mal an Größe unsre Sonnenscheibe übertreffend und fast den achten Teil des Himmels bedeckend. Nur nach Nord und Süd ist unser Blick unbeschränkt. In Ost und West erhebt sich der Boden einem langgezogenen Gebirgsrücken gleich zum Himmel empor, über der Riesenscheibe zusammenschießend. In schnellem Wechsel sehen wir Tag und Nacht hinziehen über dieses wunderbare Gewölbe. Begeben wir uns jetzt auf eine der Seitenflächen des Ringes, und wieder werden wir das Schauspiel verändert finden. Als ungeheure glänzende Kuppel schwebt unverrückt die Halbkugel des Saturn am fernen Horizont.

Aber die Mannigfaltigkeit dieser wunderbaren Himmelsansichten ist noch immer nicht erschöpft. Auch auf den Monden müssen wir einen Augenblick weilen, um die seltene Pracht dieser Wunderwelt zu genießen. In überraschender Nähe können wir hier den Saturn mit seinen Ringen schauen, den Saturn in der Größe von 7000 Vollmonden, die Ringe fast den vierten Teil des Himmels umspannend, und dazu sieben prachtvolle Monde in allen Phasen und Größen von Riesenscheiben bis zu schimmernden Sternen herab. Was sind alle Reize einer irdischen Himmelslandschaft gegen einen Blick von solcher Sternwarte!

Man hat bisweilen behauptet, die Ringe des Saturn seien bestimmt, diesem Planeten einen Teil des Sonnenlichtes bei Nacht zu ersetzen. Schon aus dem Vorhergehenden erkennen wir jedoch, daß diese Meinung eine total unrichtige ist. Nicht nur ist der Schein, den der Ring dem Planeten gewährt, nur sehr gering, sondern er findet zudem auch dann statt, wenn er am wenigsten notwendig ist, nämlich in den kurzen Sommernächten. Zur Winterzeit hingegen raubt das Ringsystem dem Saturn einen beträchtlichen Teil des Sonnenlichtes und erzeugt Sonnenfinsternisse, die mehrere Erdenjahre hindurch dauern. Unter $23^1/_2$ Grad der Breite auf dem Saturn verursacht der Ring, daß während 10 Erdenjahren zur Winterzeit kein Strahl der Sonne sichtbar ist. Wenn daher der Ring einen speziellen Zweck hat, so ist es sicherlich nicht der, dem Saturn einen Ersatz für das schwache Sonnenlicht zu verschaffen, und während wir Menschen

von der Erde aus den Saturnring als eine Zierde des Planetensystems bewundern, würden wir, falls es möglich wäre, daß wir die Saturnkugel bewohnen könnten, alle Ursache haben, die Existenz dieses Ringes zu bedauern. Untersucht man, was Saturn seinen Ringen gewährt, so ergibt sich, daß er ihnen während ihres Sommers einen beträchtlichen Teil des Sonnenlichtes entzieht, dafür aber teilweise ihren Winter erleuchtet. Jede Seite des Ringes wird $14^{7}/_{10}$ Erdjahre hindurch gar nicht und während der andern Hälfte, die Saturnbeschattung ausgenommen, beständig von der Sonne erleuchtet. Während jener langen Nacht werden die Ringe in Perioden, die der Rotation gleich sind, vom Saturn erleuchtet. In der Mitte jeder Periode strahlt derselbe mit seiner ganzen Scheibe, im Maximum den achten Teil des ganzen Himmelsgewölbes erfüllend, aber in der Mitte durch den Schatten des Ringes in zwei Zonen geteilt. Die Phasen des Saturn, welche von den Ringen aus wahrgenommen werden, werden beim Abnehmen nicht bloß schmäler, sondern auch kürzer; sie enden und beginnen mit einem Lichtpunkte, nicht mit einer Sichel.

Indem wir abermals hinausschreiten in die Tiefen des Weltraumes, betreten wir wiederum ein historisches Feld, einen Schauplatz von Eroberungen und Siegen, die mit den Waffen des Geistes und der Wissenschaft errungen wurden. Der Himmel schien hier der Forschung die Wege zu versperren: da brach sie sich gewaltsam Bahn; das bewaffnete Auge schien nicht mehr durchdringen zu können: da rüstete sich der Geist, und die Thore des Himmels öffneten sich nun weit.

Uranus und Erde in ihrem Größenverhältnis.

Da, wo man noch vor hundert Jahren dem Herrschergebiete unsrer Sonne Grenzen gesetzt meinte, 380 Millionen Meilen fern von der lichtspendenden Sonne, die nur noch als kleine Scheibe, kaum dreimal so groß, als uns die Venusscheibe in ihrem höchsten Glanze erscheint, aus der nächtlichen Tiefe des Himmels hervorblitzt; da, wo auch kein Schimmer mehr die Richtung verrät, in welcher wir die verlassene Erde zu suchen haben, wo Jupiter und Saturn noch die einzigen Planeten sind, die den Himmel schmücken, und auch sie nur als Morgen- und Abendsterne im Licht der Sonne wandeln: da gewahren wir jetzt eine neue Welt, und wiederum nicht eine einzelne, sondern ein ganzes System von Welten. Hier wandelt Uranus mit seinen 4 Trabanten seinen weiten, einsamen Weg um die Sonne, den zu vollenden er 84 unsrer Erdenjahre 5 Tage 19 St. 41 Min. 36 Sek. gebraucht. An Größe vermag er sich freilich nicht mit seinen stolzen Nachbarn zu messen, aber immer noch mißt sein Durchmesser 7500 Meilen, also mehr als das vierfache unsres Erddurchmessers, und noch übertrifft er an Körperinhalt 87mal unsre Erde, und seine Masse vermöchte 16 unsrer Erden aufzuwiegen.

William Herschel war es, der diese neue Welt unsrer Kenntnis des Himmels zuführte. Es war am 13. März 1781 zwischen 10 und 11 Uhr abends, als der

damals außerhalb der Grenze Englands noch nicht bekannte große Astronom bei der Untersuchung einer kleinen Sterngruppe in den Zwillingen zufällig einen Stern bemerkte, der ihm einen ungewöhnlichen Durchmesser zu haben schien und im auffallenden Widerspruch mit dem Benehmen eines echten Fixsternes mit der zunehmenden Vergrößerung an Helligkeit verlor. Er glaubte anfangs einen neuen Kometen entdeckt zu haben, und die Beobachtung einer Ortsveränderung bestärkte ihn darin, wiewohl er von einem Schweife keine Spur entdeckte. Die Fernrohre aller beobachtenden Astronomen, die Federn aller rechnenden setzten sich auf die Kunde von dieser Entdeckung in Bewegung. Aber der vermeintliche Komet bewegte sich außerordentlich langsam; die Rechnung schritt ebenso langsam vor, und die Beobachtungen gerieten in einen ernsten Widerstreit mit den auf die Annahme einer weit ausgeschweiften kometenähnlichen Bahn gegründeten Berechnungen. Man sah sich endlich genötigt, die Idee einer parabolischen Bahn zu verlassen und in einer kreisförmigen Bahn den Weg des neuen Gestirns zu suchen; und ehe noch die verdienten Arbeiten französischer, deutscher und russischer Astronomen den Beweis geliefert, wußte ganz Europa, daß unser Sonnensystem um einen neuen fernen Planeten reicher geworden war.

Daß man über die Gestalt und Naturbeschaffenheit eines so fernen, uns selten über 4 Sekunden im Durchmesser erscheinenden Weltkörpers nur geringe Aufschlüsse zu erlangen vermocht hat, ist wohl erklärlich. Von seiner Rotation besitzen wir noch keine Kunde, und seine Abplattung, die von Mädler auf $^1/_{10}$ geschätzt wird, ist noch Gegenstand erheblicher Zweifel. Nur seine Monde haben dafür gesorgt, daß es uns auch in dieser Welt nicht an einer Seltsamkeit fehlt, wie sie die Nachbarschaft eines Saturn fast erwarten läßt. Zunächst muß ich bemerken, daß diese Monde wegen ihrer ungemeinen Lichtschwäche zu den schwierigsten Gegenständen am Himmel gehören. Der ältere Herschel, welcher uns zuerst mit ihrem Dasein bekannt machte, hat sie nur bei der vollkommensten Einrichtung seiner besten Teleskope wahrzunehmen vermocht, und selbst unter diesen Verhältnissen konnte er weder ihre Anzahl noch ihre Umlaufszeit sicher ermitteln. Nur bei dem nach unsrer heutigen Bezeichnungsweise 3. und 4. Uranusmonde kam William Herschel zu sicheren Ergebnissen und fand eine Eigentümlichkeit, die einzig im ganzen Planetensysteme dasteht und mancher geistvollen Theorie über den Ursprung und die Bildungsgeschichte dieser Welten einen empfindlichen Stoß versetzt. Während nämlich sonst alle Planeten und Satelliten sich von West nach Ost bewegen und ihre Bahnen nur unbedeutende Neigungen gegen die Ebene der Ekliptik zeigen, sehen wir die Monde des Uranus in rückläufiger Bewegung von Ost nach West den Planeten umkreisen in Bahnen, die fast senkrecht, mindestens unter Winkeln von 79° auf der Ekliptik stehen. Besteht nun, wie man doch allen Grund hat anzunehmen, ein Zusammenhang zwischen den Bahnebenen der Satelliten und der Rotation des Hauptplaneten, bezeichnen also auch hier wie beim Jupiter und Saturn die Satellitenbahnen nahezu die Lage des Äquators des Planeten, so folgt daraus die seltsame Forderung, die Rotationsachse des Uranus fast in die Ebene der

Ekliptik gelegt zu denken. Die Folgen einer solchen Stellung müssen für das physische Leben dieses Weltkörpers von ganz wunderbarer Art sein. Jeder Punkt seiner Oberfläche würde im Verlaufe des langen Uranusjahres wenigstens einmal die Sonne im Zenith sehen. Der Unterschied von Jahres- und Tageszeiten würde fast auf dem ganzen Planeten wegfallen, überall fast einem 42jährigen Tage eine 42jährige Nacht folgen. Auch der Unterschied von Klimaten würde damit schwinden, denn der Pol würde dieselbe Wärmemenge von der Sonne empfangen wie der Äquator. Auch für die Monde würde sich ein ganz eigentümliches Verhältnis des Lichtwechsels ergeben. Zur Zeit, wo der Uranuspol der Sonne zugekehrt ist, würde jeder der Monde als Halbmond leuchten, aber ohne irgend eine Ab- oder Zunahme dieser Phase jahrelang bemerken zu lassen, und Neu- und Vollmonde würden nur eintreten können, wenn die Sonne senkrecht über dem Äquator steht, also nicht öfter als nach je 42 Erdenjahren.

Bahnsystem der Uranus-Trabanten.

Wir sehen also, wie wenig ein tieferes Eindringen in den Bau unsres Planetensystems den Gedanken an Eintönigkeit und Gleichförmigkeit aufkommen läßt, und wie wenig wir für die Naturverhältnisse der Ferne mit einem Maßstabe ausreichen, den wir von der Erde entlehnen. Ich habe im Vorhergehenden bemerkt, daß der ältere Herschel beim 3. und 4. Uranustrabanten allein nur zu sicheren Resultaten zu gelangen vermochte. Er hat außer diesen noch 4 andre Monde wahrzunehmen geglaubt, allein diese Wahrnehmungen waren Täuschungen und bezogen sich wahrscheinlich auf kleine Fixsterne, die sich zufällig in der Nähe des Uranus befanden. Erst Lassell gelang es, in seinem Riesenteleskope auf Malta zwei weitere Uranusmonde zu entdecken, die dem Planeten weit näher stehen als Herschels Satelliten. Dasselbe Ergebnis hat auch die Untersuchung mittels des 26zölligen Riesenrefraktors in Washington geliefert. Die lichtschwachen Uranusmonde boten gerade ein geeignetes Objekt für dieses wundervolle Instrument, und Professor Newcomb in Washington hat nach Aufstellung desselben nicht gezögert, die Kraft seines Riesenrefraktors an jenen fernen Monden zu erproben. Sie wurden sofort und mit Leichtigkeit gesehen. Was dies sagen will, können wir daraus entnehmen, daß der ältere Herschel selbst mit seinem vierzigfußigen Riesenteleskope von den beiden inneren Uranusmonden nie auch nur eine Spur zu sehen vermochte. Professor Newcomb schreibt daher die erste Auffindung dieser zwei Monde mit Recht Lassell zu, ja er bemerkt, daß außer dem Spiegelteleskope dieses ausgezeichneten Beobachters und seinem 26zölligen Refraktor noch kein andres Instrument

die sämtlichen Uranusmonde gezeigt habe. Die äußeren Trabanten dieses Planeten erschienen im Riesenrefraktor zu Washington von der gleichen Helligkeit wie Sterne vierter Größe dem bloßen Auge. Wir können uns hiernach ein Bild von der ungeheuern optischen Kraft dieses Wunderwerkes der modernen Optik machen. Von besonderen Helligkeitsschwankungen dieser Monde, analog denjenigen, welche wir bei den Trabanten des Jupiter und Saturn fanden, berichtet Professor Newcomb nichts. Auch meßbare Durchmesser haben die in Rede stehenden Monde bei den zu den Distanzbestimmungen angewandten Vergrößerungen nicht gezeigt. Beiläufig bemerkt, ist Professor Newcomb der Ansicht, daß außer diesen vier Trabanten andre Monde des Uranus, die noch mit unsern besten heutigen Instrumenten erkannt werden könnten, aller Wahrscheinlichkeit nach nicht existieren. Zu der gleichen Ansicht war bereits früher Lassell gelangt, der unter dem heiteren Himmel Maltas in seinem großen Reflektor die vier Trabanten des Uranus bisweilen selbst bei vollem Mondschein sah. Lassell hat den Uranusmonden folgende Benennungen gegeben: Ariel, Umbriel, Titania und Oberon. Die schon früher erwähnten, von dem älteren Herschel entdeckten Monde sind Titania und Oberon.

Neptun und Erde in ihrem Größenverhältnis.

Aber die Zahl der Welten ist noch nicht erschöpft. Noch einmal rufe ich den Leser auf zu einem mächtigen Fluge, noch einmal wollen wir 200 Millionen Meilen in den Raum vordringen. Dort, wo das Licht der Sonne nur noch in tausendfacher Schwächung leuchtet, auch dorthin hat die Wissenschaft ihr Licht ergossen. Wir betreten die Stätte einer der erhabensten und glänzendsten Thaten aller Jahrhunderte, eine Stätte, die geheiligt ist durch einen der stolzesten Triumphe menschlichen Denkens.

Die Welt, zu der ich den Leser führe, ist noch dunkel im Vergleich zu denen, die wir verlassen, d. h. dunkel im Sinne der Strahlen der Forschung, die sie beleuchten. Als Stern achter Größe dem unbewaffneten Auge des irdischen Beobachters nicht sichtbar, zeigt sich der Neptun — denn das ist die neue Welt — selbst im vergrößernden Fernrohr nur klein, nämlich als eine Scheibe von 2,7 Sek. im Durchmesser. Dieser scheinbaren Größe entspricht eine wirkliche, die etwa $4\,^1/_2$ mal unsre Erde an Durchmesser und 90 mal an Rauminhalt übertrifft. In betreff seiner Masse schwankten die Angaben geraume Zeit zwischen $^1/_{14400}$ und $^1/_{21000}$ der Sonnenmasse, so daß er etwa 18 mal unsre Erde aufwiegen würde. Seine Dichtigkeit ist danach ungefähr $^2/_9$ der Dichtigkeit der Erde gleich und $1\,^1/_4$ im Verhältnis zur Dichtigkeit des Wassers. Neuere Untersuchungen von Professor Newcomb ergeben als wahrscheinlichsten Wert der Neptunmasse $^1/_{19380}$ der Masse unsrer Sonne. In 164 Jahren 285 Tagen vollendet er seinen Weg um die Sonne, und auf dieser weiten Reise begleitet ihn ein Mond. Lassell in Liverpool entdeckte ihn mit Hilfe seines großen 20 fußigen Reflektors im August 1847, und Struve

in Pulkowa und Bond in Cambridge bestätigten diese Entdeckung. Drei Jahre später glaubte Lassell bei 628maliger Vergrößerung einen zweiten Neptunstrabanten aufgefunden zu haben, ohne daß er indes bis jetzt eine ähnliche Bestätigung erhalten hätte. Auch Newcomb, der den Neptun neuerdings sehr eifrig beobachtete, spricht sich gegen die Existenz eines zweiten Neptuntrabanten aus. Der von Lassell entdeckte Mond ist übrigens weit heller als die Uranusmonde, bewegt sich aber wie diese rückläufig. Der Neptun selbst zeigt eine düstere, einförmige Scheibe, auf der man keinerlei Detail zu unterscheiden vermag, doch glauben einige neuere Beobachter, welche den Planet mit sehr großen Instrumenten untersucht haben, daß sein Rand nicht scharf, sondern etwas nebelig oder verwaschen erscheine. Die Zukunft muß hierüber entscheiden. Es ist hiernach klar, daß wir auch über die Rotationsdauer und die Lage der Achse dieses fernsten bekannten Planeten gegenwärtig nichts wissen. Aber auf etwas andres möchte ich noch aufmerksam machen. Der Planet Neptun erscheint von der Erde aus gesehen als Stern achter Größe, wenn aber seine lichtreflektierende Kraft nicht größer wäre als diejenige unsrer Erde, so könnte er höchstens nur als Stern elfter bis zwölfter Größe auftreten. Es wird hiernach wahrscheinlich, daß auch Neptun gegenwärtig noch heißflüssig und von einer wolkigen Hülle umgeben ist. Dies bestätigt auch die Spektralanalyse, indem das Spektrum dieses Planeten, ebenso wie dasjenige des Uranus, eine Reihe von breiten, dunklen Absorptionsstreifen zeigt.

Neigung der Satellitenbahnen des Jupiter und Uranus gegen die Ebene der Ekliptik.

Nicht diese Mitteilungen aber, zu denen ich kaum noch etwas Bestimmteres hinzuzufügen wüßte, sind es, für welche ich hier an diesem wichtigen Marksteine unsrer Wanderung die Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen will. Die Geschichte der großen Geistesthat, welche zuerst das Auge auf diese ferne Welt lenkte, soll die kurze Zeit ausfüllen, die wir uns zur Rast von unserm anstrengenden Fluge gönnen.

Vierzig Jahre waren seit der Entdeckung des Uranus verflossen, und der neue Planet hatte auch in den Jahrbüchern der Astronomie seinen ihm zukommenden Platz eingenommen. Man begann allgemach daran zu denken, auch für ihn Tafeln zu entwerfen, wie sie für die übrigen Planeten längst vorhanden waren, die seine Bewegung genau darstellen sollten. An Beobachtungen fehlte es nicht; es war ja sogar namentlich durch Bodes Bemühungen geglückt, ältere unbewußte Beobachtungen desselben Planeten bis in das Jahr 1690 zurück zu verfolgen. Die Beobachtungen umfaßten also auch einen hinreichend großen Zeitraum, so daß man nicht gerade erhebliche Fehler zu fürchten glaubte. Die Berechnung dieser Tafeln schien selbst einen so unermüdlichen Rechner wie Bouvard ermüden zu wollen. Aber es schien unmöglich, eine Übereinstimmung zwischen den älteren und den neueren Beobachtungen herzustellen; die Tafeln entsprachen entweder den einen oder den andern nicht. Ja, diese Berechnung nahm immer mehr den Charakter einer wahren Sisyphusarbeit an. Kaum waren die Tafeln einige Jahre im Gebrauch, so waren sie schon wieder veraltet, und mit jedem Jahre wuchsen die Abweichungen. Solche Schwierigkeiten konnten aber nur dazu dienen, den Scharfsinn der Astronomen herauszufordern. Wenn auch einzelne noch wagten, die Gültigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes in jenen der Sonne so fernen Regionen in Zweifel zu ziehen, so erwachte in andern um so lebendiger der Gedanke an das Dasein einer unbekannten störenden Kraft. Immer klarer und bewußter gestaltete sich diese Ahnung eines fernen neuen Planeten, immer allgemeiner bemächtigte sie sich aller Astronomen. Damit stellte sich der berechnenden Astronomie eine bestimmte Aufgabe. Es galt die Umkehrung des bisherigen Problems der Störungen. Es galt nicht mehr die Größe der Störungen aus der Kenntnis der Bewegungen des störenden Körpers zu ermitteln, sondern umgekehrt die Bahn und Bewegung eines störenden Körpers aus den bekannten Abweichungen der beobachteten Stellungen des Uranus von den unter alleiniger Berücksichtigung der Saturn- und Jupiterstörungen durch Rechnung erhaltenen abzuleiten. Wer diesen kühnen Gedanken, aus so kleinen Abweichungen den Ort eines unbekannten Planeten am Himmel zu berechnen, zuerst gehabt, läßt sich nicht mehr entscheiden. Bouvard äußerte ihn bereits im Jahre 1834, und Bessel sprach ihn in einem Briefe an Humboldt vom 8. Mai 1840 in sehr bestimmter Gestalt aus. „Ich bin zu der Überzeugung gekommen“, schrieb er, „daß die vorhandene Theorie oder vielmehr ihre Anwendung auf das in unsrer Kenntnis vorhandene Sonnensystem nicht hinreicht, das Rätsel des Uranus zu lösen. Ich meine aber, daß eine Zeit kommen werde, wo man die Auflösung des Rätsels vielleicht in einem neuen Planeten finden wird, dessen Elemente in ihren Wirkungen auf den Uranus erkannt und durch die auf

den Saturn bestätigt werden könnten. Daß diese Zeit schon vorhanden sei, bin ich weit entfernt zu behaupten; allein versuchen werde ich jetzt, wie weit die vorhandenen Thatsachen führen können. Es ist dies eine Arbeit, die mich seit so vielen Jahren begleitet, und um deren willen ich so viele verschiedene Ansichten verfolgt habe, daß ihr Ende mich vorzüglich reizt und daher sobald als irgend möglich herbeigeführt werden wird." Aber Bessel sollte dieses Ende nicht erleben. Mitten in seinen geistvollen Arbeiten überraschte ihn jene verhängnisvolle Krankheit, die seinem Leben bereits im Jahre 1845 ein Ende machte.

Das große Problem war jetzt öffentlich aufgestellt, die Göttinger Sozietät der Wissenschaften hatte es sogar im Jahre 1844 zum Gegenstande einer Preisaufgabe gemacht. Da übernahm, von Arago aufgefordert, ein junger, damals noch fast ganz unbekannter Mann, dessen Name aber bald über den ganzen Erdkreis erschallen sollte, diese Arbeit. Urban Jean Joseph Leverrier, den Arago auf das Problem aufmerksam machte, war geboren am 11. März 1811 zu Saint-Lô im Departement la Manche. In seinen Jünglingsjahren besuchte er die polytechnische Schule zu Caen, wo er aber so wenig besondere Fähigkeiten entwickelte, daß er vielmehr im Examen durchfiel. Aber die Zeugnisse der Lehrer haben nicht immer entscheidenden Wert, wenn es sich um die Frage nach dem wirklichen Talent eines Schülers handelt. Leverrier wandte sich nach Paris und besuchte die nach Ludwig XIV. benannte Schule, dann die Pariser polytechnische Schule und ward darauf als Ingenieur bei der Tabaksregie angestellt. Das war freilich kein Posten für einen Mann, der berufen war, einer der ersten Astronomen der Gegenwart zu sein. In der That verließ Leverrier seine Tabaksstellung sehr bald und wurde Lehrer am Collége Stanislas. In dieser Stellung forderte Arago ihn auf, sich mit rechnender Astronomie zu beschäftigen, und Leverrier lieferte infolgedessen zuerst eine Berechnung des Merkurdurchganges von 1845, sowie eine Arbeit über die Bahn des Fayeschen Kometen. Jetzt lenkte Arago seine Aufmerksamkeit auf die Bewegung des Uranus, und Leverrier begann eine dahin zielende Untersuchung der vorhandenen Beobachtungen. Noch einmal prüfte er die vorhandenen Uranustafeln, noch einmal versuchte er es, durch Verbesserung von Fehlern, durch Einführung neuer, richtigerer Elemente die älteren und neueren Beobachtungen in Einklang zu bringen. Vergeblich; alles wies unleugbar auf eine unbekannte störende Kraft hin. Jetzt zögerte er nicht länger, den unbekannten Planeten selbst aufzusuchen. Er bestimmte unter der Voraussetzung, daß der neue Planet sich in der Ebene der Erdbahn und etwa im doppelten Abstande des Uranus von der Sonne befinde, den Ort dieses Planeten am Himmel. Die Voraussetzungen waren roh, aber sie waren durch die Analogie andrer Planeten und durch das sogenannte Bodesche Gesetz gerechtfertigt; sie mußten wenigstens eine annähernde Lösung des Problems herbeiführen. Die Resultate entsprachen den Erwartungen, die Widersprüche zwischen den Beobachtungen begannen sich zu verringern. Noch einmal legte Leverrier die verbessernde Hand an seine Rechnungen. Dann trat er am 31. August 1846 in die Sitzung der Pariser Akademie und verkündete mit der

Zuversicht eines Propheten den Ort des unbekannten Gestirns am Himmel, die Elemente seiner Bahn, sogar seine Masse und scheinbare Größe. Das ist der Tag der theoretischen Entdeckung dieses Planeten. Seine Existenz war bewiesen, und wenn er auch noch lange, ja vielleicht für immer, seiner Lichtschwäche wegen den Blicken des beobachtenden Astronomen verborgen blieb, für den rechnenden Verstand stand er auch unsichtbar am Himmel, er war gezwungen, ihn fortan in den Kreis seiner Betrachtungen zu ziehen.

Aber Leverrier versäumte auch nichts, den unsichtbaren Gegenstand seiner Entdeckung ans Licht zu ziehen. Die günstigste Zeit seiner Sichtbarkeit war gekommen; noch im Laufe des Jahres mußte er gefunden werden, ehe er sich wieder in den Strahlen der Sonne verbergen konnte. Ohne den Erfolg der in Paris bereits begonnenen Nachforschungen abzuwarten, wandte er sich auch an Galle in Berlin mit der Aufforderung, den Planeten zu suchen. Wir wissen, welchen Anteil die von Bessel angeregten und von der Berliner Akademie herausgegebenen Sternkarten in den letzten Jahrzehnten an der Entdeckung der kleinen Planetoiden gehabt haben. Hier aber feierten sie ihren glänzendsten Triumph. Diejenige Karte, welche die Gegend des Himmels, in welcher der neue Planet sich zeigen sollte, enthielt — es war die Gegend des Steinbocks — war so eben von Bremiker vollendet. Noch an demselben Tage, an welchem Galle den Brief Leverriers erhielt — es war am 23. September 1846 — verglich er den Himmel mit der Karte, und noch an demselben Abend fand er den gesuchten und verkündigten neuen Planeten nur 1^0 von dem ihm von Leverrier angewiesenen Orte.

Noch nie hat eine Wissenschaft einen so glänzenden Triumph errungen, wie er der Astronomie hier zu teil ward. Leverrier hat, wie Arago sagt, das neue Gestirn wahrgenommen, ohne auch nur einen Blick nach dem Himmel zu richten; er hat es mit der Spitze seiner Feder gesehen. Durch die bloße Macht der Rechnung hat er annäherungsweise den Ort und die Größe eines Körpers bestimmt, der um vieles jenseits der damals bekannten Grenzen unsres Sonnensystems liegt, der weiter als 600 Millionen Meilen von der Sonne absteht und auch in unsern mächtigsten Fernröhren kaum eine wirkliche Scheibe zeigt. Es verringert das Verdienst dieser Entdeckung keineswegs, daß die Elemente, auf welche die Rechnung sich gestützt hatte, nicht auch in Zukunft für die Bahn des gefundenen Planeten eine Geltung behaupten konnten. Es schmälert den Ruhm der Entdeckung nicht, daß auch der Zufall seine Hand dabei im Spiele hatte, daß trotz der von der Wahrheit ziemlich weit entfernten Elemente, die der Rechnung zu Grunde gelegt waren, doch der von Leverrier angegebene Ort des neuen Planeten mit der Wirklichkeit in so staunenerregender Weise übereinstimmte. Die von Leverrier angegebene Bahn des Planeten weicht allerdings von der nachträglich auf Grund direkter Beobachtungen desselben berechneten so bedeutend ab, daß sie für einige Jahre früher oder später den Ort des Neptun nicht so genau gegeben haben würde, als es für die Zeit der Auffindung durch Galle der Fall war. Indes hat Leverrier später nachgewiesen, daß die Abweichungen seiner Rechnung von der Wirklichkeit

hauptsächlich in der ungenügenden Kenntnis der Massen des Uranus und Saturn zu suchen sind.

Aber keine Krone wird auch in der Wissenschaft unbestritten erlangt. Kein großes Ziel stellt sich hier dar, auf das nicht gleichzeitig die Bestrebungen vieler sich richteten, und keine Wissenschaft entfaltet den Reichtum ihrer Mittel, ohne daß oft gleichzeitig viele Hände danach griffen, sich daraus Waffen zu schmieden für geistige Eroberungen.

Jener anregende Gedanke eines unbekannten fernen Weltkörpers und seine Berechnung aus seinen störenden Wirkungen war, wie wir wissen, mit innerer Notwendigkeit auf dem Boden der astronomischen Forschung selbst erwachsen, er war lange vor Leverriers Entdeckung ein Gemeingut aller Astronomen. Die Mathematik hatte eine so glänzende Höhe erreicht, daß auch andre als Leverrier mit ihrer Hilfe jenes große Problem für lösbar halten und seine Lösung versuchen konnten. So war es denn in der That ein junger englischer Mathematiker vom Johns College in Cambridge, Adams, der bereits im Jahre 1843 dieselbe Aufgabe zu bearbeiten begann. Schon im September 1845 gelangte er zu ähnlichen Resultaten, wie fast ein Jahr später Leverrier. Aber ein unglückliches Geschick waltete über seinen Arbeiten. Airy in Greenwich und Challis in Cambridge, denen er seine Resultate mitteilte, ohne freilich zugleich den Weg, auf dem sie erlangt waren, anzudeuten, schenkten diesen wenig Vertrauen, und die zur Aufsuchung des neuen Gestirns günstige Zeit des Jahres verstrich unbenutzt. Erst als im Juni des folgenden Jahres die erste Berechnung Leverriers bekannt wurde, erregte die auffallende Übereinstimmung dieser Resultate mit den von Adams gefundenen die Aufmerksamkeit der englischen Astronomen. Man begann nun in Cambridge Nachforschungen anzustellen, aber wie es scheint, abermals lässig und mit geringem Vertrauen auf Erfolg. Erst später fand Challis, daß er zweimal bereits im August den neuen Planeten beobachtet hatte, ohne zu wissen, daß er es sei. So ward dem jungen englischen Berechner die Palme des Sieges durch Leverrier entrissen, teils weil er es versäumt hatte, seinem Gedanken auch die That der Entdeckung folgen zu lassen, teils durch die Schuld der englischen Astronomen, bei denen das kühne Unternehmen keine Unterstützung fand. Adams selbst hat in edler Bescheidenheit auf jeden Anteil an dem Ruhme des Entdeckers verzichtet; aber seine Landsleute haben lange Zeit in erbittertem Kampfe versucht, ihm und der Nation wenigstens einen Teil der Ehre zu sichern. Leverrier hat den vollen Preis erlangt auf Grund jenes Rechtes, das in der Geschichte der Wissenschaften alleinige Geltung hat, daß es keinen andern Anspruch auf eine Entdeckung gibt, als den durch die Veröffentlichung erlangten.

In jenem Streite über den Anspruch auf die erste Verkündigung des neuen Planeten verflocht sich auch der Streit über seinen Namen. Es unterlag keinem Zweifel, daß Leverrier das Recht zur Erteilung des Namens besaß, und er sprach sich in der That für die Annahme der Benennung Neptun aus. Später jedoch widerrief er diesen Wunsch und trat sein Recht, jenen Körper zu taufen, in echt

französischer, selbstsüchtiger Galanterie seinem berühmten Lehrer Arago ab. Dieser hatte natürlich nichts Eiligeres zu thun, als das Kompliment seines Schülers zu erwidern und zu entscheiden, daß der neue Planet nach seinem Entdecker Leverrier getauft werden solle!

Hiergegen erhoben sich indes Stimmen in Deutschland und England, die mit Recht den Namen Neptun als zweckmäßiger erkannten. Leverrier selbst verhielt sich, obgleich er am besten und schnellsten den Ausschlag hätte geben können, zu der Entscheidung dieser Frage passiv. Endlich, nachdem der Name Neptun im Berliner Jahrbuch provisorisch für einige Jahre angenommen war, entschied man sich, denselben allgemein anzunehmen.

Wir stehen an den Grenzen der uns bekannten planetarischen Welt. Ob es einst gelingen werde, diese Grenzen weiter hinauszurücken, wer will es entscheiden! Vielleicht läßt auch der Neptun einst im Laufe der Beobachtungen Abweichungen erkennen, die auf einen unbekannten störenden Weltkörper hindeuten. Bis jetzt ist dieses nicht der Fall, denn aus den genauen Untersuchungen, welche Newcomb über die Bewegung des Neptun angestellt hat, ergibt sich, daß bis jetzt keine Notwendigkeit vorliegt, einen jenseit des Neptun befindlichen Planeten anzunehmen.

Hier, an den Grenzen unsrer Heimat, wollen wir noch einen flüchtigen Blick rückwärts werfen auf die verlassenen Welten! Mars, Venus, Erde sind längst erloschen; nur mit Mühe erkennt noch das Auge den Jupiter, Saturn und selbst den nahen Uranus als unbedeutende, kaum sichtbare Lichtpünktchen. Ein blendend weißer Stern ist die Sonne und nur schwache Dämmerung ihr uns sonst so überreich quellendes Licht. Wir wenden uns ab von dieser Öde, vorwärts dem Sternhimmel zu. Hier, meinen wir, werden sich neue Wunder den entzückten Blicken entfalten. Sehen wir hin! derselbe Sternhimmel, den wir von der Erde her kennen, breitet sich auch hier über uns aus; dieselben Sternbilder, die wir dort alltäglich über unsrem Haupte hinziehen sahen, wandeln unverändert an uns vorüber! Die ungeheure Entfernung von der Erde bis zum Neptun hat nichts in der Stellung der Fixsterne verschoben, sie war nur ein Schritt gegen die endlose Ferne der Welten. Vier volle Stunden gebrauchte das Licht, um von der Erde hierher zu gelangen, aber drei volle Jahre würden selbst für den eilenden Lichtstrahl erforderlich sein, ehe er die nächste jener Welten erreichte! Der Lichtstrahl versagt uns den Dienst; so wollen wir denn den Gedanken beschwingen, daß er uns in neue Fernen hinaustrage!

Der Komet von 1644 im Untergang.

Siebentes Kapitel.

Die Kometen.

Ihr tretet nächtlich in der Jahre Lauf
Den Sternenhimmel überbietend auf,
So daß ein Herz, auch an Natur gewöhnt,
Nach eurem Kreis, dem leuchtenden, sich sehnt.

Eine reiche Mannigfaltigkeit im Gebiete unsres Sonnensystems habe ich bereits vor dem Leser entrollt, aber noch kennen wir bei weitem nur den kleinsten Teil der Wunder, die diesen weiten Raum erfüllen. Ich habe den Leser ja bisher auf der breiten Heerstraße geführt, die gleichsam von Planet zu Planet die Sonne mit den Grenzen ihrer Herrschaft verknüpft. Wir werden doch nicht glauben, daß dieser schmale Raum am Wege allein von Welten bevölkert sei? Wir werden doch nicht glauben, daß die Natur uns einen ähnlichen Streich gespielt habe, wie einst jene Günstlinge und Schmeichler der Kaiserin Katharina von Rußland auf ihrer Reise nach der Krim, die aus weiter Ferne Bauern zusammengetrieben hatten und eine Koulissenkultur längs der Straße errichteten, die hinter der Reisenden wieder in Nichts zerfloß? Der Weltraum ist bevölkerter als die Südrussischen Steppen jemals waren oder sein werden. Ich möchte den Leser daher zu Kreuz- und Querflügen durch diesen ungeheuren Raum veranlassen, weit hinaus über den schmalen Gürtel des Tierkreises, der die Planeten umfaßt, aber auch weit hinaus über die Grenzen der Neptunsbahn, so weit als nur immer der Herrscherarm unsrer Sonne reicht. Wir sehen, daß ich recht hatte, zu solchen Streifzügen den Gedanken zu beschwingen.

Abseits von der großen Heerstraße wandelt ein zahlreiches, seltsames Volk, regellos zerstreut, mannigfaltig in Gestalten und Größe, flüchtig in seinem innersten Wesen, launenhaft bald in bedenkliche Nähe zur Sonne sich wagend, bald trotzig in endlose Fernen hinausschweifend. In das Gebiet der Kometenwelt wollen wir uns begeben und im Geiste die merkwürdigsten dieser Schweifsterne an uns vorbeiziehen sehen. Da kommt schon der stolze Komet des vorigen Jahres heran, dort wandelt ehrbar der Halleysche, wie sich brüstend mit dem Ruhm, den er einem der größten Astronomen des vorigen Jahrhunderts eintrug; da zeigen sich auch jene kleinen Kometen Enckes, Fayes und die Trümmer des Bielaschen rc., die in ihren eng begrenzten rundlichen Bahnen sich das Ansehen zu geben scheinen, als wollten sie es den Planetoiden nachmachen; als bildeten sie sich ein, Planeten werden zu können. Fürchten wir uns nur nicht! Es sind keine Gespenster, keine flammenden Schwerter oder Lanzen oder drohende Zuchtruten, wie man noch vor ein paar Jahrhunderten glauben konnte, so wenig als es bloße Meteore unsrer Atmosphäre nach der Ansicht eines Aristoteles sind. Es sind wirkliche Weltkörper, gesetzliche Glieder unsres Sonnensystems, die in geregelten Bahnen durch jene Räume sich dahin bewegen, die von den Planeten leer gelassen werden.

Nicht ohne Grund habe ich dem Leser gerade an die Grenzen des uns bekannten Sonnensystems geführt, um von hier aus ihm den Blick auf die Kometenwelt zu eröffnen. Denn noch ist kaum ein Jahrhundert verflossen, seit der seltsame Gedanke aufgestellt wurde, daß gerade hier erst das eigentliche Reich der Kometen beginne, daß die äußersten Planeten gleichsam schon Mittelstufen, Übergangsglieder zwischen Planeten und Kometen bildeten. Der letzte Planet und erste Komet, hieß es, könne derjenige genannt werden, der in seiner Sonnennähe den Kreis des ihm nächsten Planeten, vielleicht also des Saturn, durchschnitte. Und diese Theorie, meinte man, sei erklärlich gewesen durch ein vermeintliches Gesetz, nach welchem die Exzentrizität der Planetenkreise und die Größe und Undichtigkeit der Himmelskörper mit der Entfernung von der Sonne zunehme. Man kann sich wohl denken, daß nur in philosophischen Träumen eine solche Theorie geboren werden konnte; aber man wird kaum glauben, daß sie einem der größten Geister des vorigen Jahrhunderts, dem Verfasser der „Kritik der Vernunft" und der „Naturgeschichte des Himmels", dem großen Philosophen von Königsberg, Immanuel Kant, ihren Ursprung verdankte. Wir hätten ihm mindestens eine bessere Kenntnis von den Grundverhältnissen des Weltbaues zugetraut; denn er hätte freilich wissen können, daß gerade der sonnennächste aller Planeten, der Merkur, durch die große Exzentrizität seiner Bahn den Kometen am meisten sich annähert. Die Entdeckungen des Uranus und Neptun haben aber jener vermeintlichen Theorie vollends den Garaus gemacht; denn der äußerste aller uns bis jetzt bekannten Planeten, der Neptun, besitzt nach der sonnennahen Venus die geringste Exzentrizität, die kreisförmigste aller Planetenbahnen.

Mit den Ansprüchen der Kometen auf eine Verwandtschaft mit den Planeten ist es heutzutage übel bestellt. Es gehört gegenwärtig wenigstens eine sehr lebhafte Phantasie dazu, noch an eine allmähliche Verwandlung von Planeten in Kometen oder an einen einstmaligen Ursprung der Planeten aus verdichteten Kometen zu glauben.

Verschiedene Kometen-Formen.
1. Komet von 1577, nach Beobachtungen von Cornelius Gemma. 2. Komet von 1688, nach J. C. Sturm. 3. Komet von 1769.

Ja, gerade die umgekehrte Meinung ist gegenwärtig mit guten Gründen ausgesprochen worden, also die Ansicht, daß gewisse Kometen Trümmer planetarischer Weltkörper sein könnten. So seltsam uns auch diese Behauptung in diesem Augenblicke erscheinen mag, so werde ich doch schon bald Thatsachen mitteilen, welche mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf diese Vorstellung führen.

Die Alten haben von der Weltstellung der Kometen keine begründeten Vorstellungen gehabt; sie dachten nicht im entferntesten daran, daß diese von Zeit zu Zeit am Himmel heraufziehenden Schweifsterne Weltkörper seien, die an räumlicher Ausdehnung unsre Erde und selbst sogar die Sonne vielmal übertreffen; daß es Himmelskörper seien, die in festen, geregelten Bahnen aus den Tiefen des Raumes zur Sonne herabsteigen und sich darauf wieder in die Nacht der weiten planetarischen Räume zurückbegeben. Selbst Aristoteles, unstreitig der größte Naturforscher des Altertums, glaubte, die Kometen seien nichts andres als Ausdünstungen der Erde. Plutarch bestritt diese Ansicht, aber was er an ihre Stelle setzte, war noch thörichter. Denn seiner Meinung nach sollten die Kometen gar keine wirklichen Körper sein, sondern bloß Erscheinungen, die durch Zurückwerfung des Lichtes entständen. Man kann sich kaum denken, daß Plutarch jemals einen Kometen genauer angesehen habe, sonst hätte er seine thörichte Hypothese gewiß nicht aufstellen können. Unter diesen und ähnlichen abenteuerlichen Vorstellungen begegnet man erfreut wenigstens einer vernünftigen Anschauung. Es war der römische Philosoph Seneca, der die Kometen für Weltkörper hielt und den Ausspruch that, es werde die Zeit kommen, in welcher man das Wesen und die Bahnen dieser Gestirne kennen werde. Diese Zeit ist gekommen, aber sie hat sehr lange auf sich warten lassen. Im Mittelalter hielt man die Kometen, ohne sich über ihre kosmische Bedeutung weiter den Kopf zu zerbrechen, für Zuchtruten der erzürnten Gottheit und fürchtete diese Gestirne als Unglücksboten. Selbst die trivialsten Erscheinungen, Krankheiten der Katzen, Hühner ꝛc., sollten durch Kometen verursacht werden. So heißt es unter einer Darstellung des Kometen von 1680: „Wahre Abbildung des Kometen, wie solcher über Rom den 2. Dezember Montags in der Nacht in diesem 1680. Jahr erschienen und im Zeichen der Jungfrauen des 13. Grades gesehen worden. Eben in dieser Nacht, ungefähr um 8 Uhr, hat eine Henne, so niemals ein Ey geleget, mit großem Geräusch und ungewöhnlichem Geschrey ein Ey von gegenwärtiger Größe und Gestalt mit Stern und Strahlen, wie hier abgebildet zu sehen, geleget."

Eine andre Abbildung desselben Kometen, welche die Positionen des Gestirns für die Zeit vom 16. bis zum 25. November 1680 enthält, hat folgende Verse als Unterschrift;

„Schau die Wunder-Fackel-Kertze! — Sünden-sichres Menschen-Hertze!
Ach bedenke, ach erkenne, — Wie sie an dem Himmel brenne,
Und um deiner Boßheit wegen, — Dir zur Straffe eil entgegen.
Setzet doch mit Buß zusammen, — Löschet diese Zoren-Flammen,
Daß, o Teutsche Landes-Erde, — Gottes Grimm gemildert werde,
Der uns drauet mit Cometen; — Buß und Betens ist von Nöten."

Vorwurfsfreie Menschen sahen freilich auch schon damals in den Kometen etwas andres, als Boten göttlicher Rache, aber die Menge hielt an ihrem Aberglauben fest. Die erste richtige Vermutung über die Bahn eines Kometen sprach G. A. Borelli 1664 in einem Briefe an den Prinzen Leopold von Toscana aus, indem er behauptete, die Kometen bewegten sich in Parabeln. Aber Borelli scheint diese Idee nicht weiter verfolgt zu haben.

Der große Komet von 1680, derselbe, den eine phantastische Idee zum größten Unruh- und Unheilstifter der ganzen Weltgeschichte machte, den sie zur Zeit der mosaischen Sintflut, wie der Ogygischen Flut, bei der Zerstörung von Ninive, im Trojanischen Kriege und beim Tode Julius Cäsars erscheinen ließ, derselbe Komet bezeichnet den eigentlichen Anfangspunkt der wissenschaftlichen Kunde von den Kometen. Ein sächsischer Prediger, Georg Dörfel zu Plauen, trat öffentlich mit der kühnen Behauptung auf, daß dieser Komet, wie alle Kometen überhaupt, eine parabolische Bahn um die Sonne beschreibe, und daß diese letztere im Brennpunkte der Bahn sich befinde. Dörfel hat seine Behauptung auch so gründlich bewiesen, als dies bei den mangelhaften Mitteln seiner Zeit überhaupt möglich war, und einige Jahre später verwandelte Newton die Behauptung in eine völlig wissenschaftliche Thatsache, indem er die Kometen unter die Herrschaft seines Gravitationsgesetzes stellte und ihren Bahnen die Form langgestreckter Ellipsen zuwies.

Parabel und Ellipse mit gleichem Brennpunkte A.

Jetzt zum erstenmal konnte der Gedanke aufsteigen, daß ein Komet aus den Tiefen des Weltenraumes wiederkehre, daß die Rechnung sogar Jahr und Tag seiner Wiederkehr vorher zu verkünden vermöge. Man wird freilich fragen: „Wie ist es möglich, einen Kometen wieder zu erkennen, wenn er zurückkehrt?“ An seiner äußeren Erscheinung schwerlich, das gebe ich zu; denn die Veränderlichkeit seiner Gestalt und Lichtstärke, seines Schweifes, seines Kerns und seiner Dunsthülle ist außerordentlich und macht ihn oft selbst vor unsern Augen in wenigen Tagen völlig unkenntlich. Aber der Astronom besitzt zum Glück andre und sicherere Steckbriefe, mit denen er seine Kometen in die Fernen des Raumes verfolgt, und

diese verschafft ihm das Newtonsche Gesetz. Es sind die Bahnelemente. Wir wissen bereits von den Planetenbahnen her, was darunter zu verstehen ist. Hier sind es insbesondere die Neigung der Kometenbahn gegen die Ebene der Ekliptik, die Lage des Durchschnittspunktes beider Ebenen, d. h. sein Abstand von dem Frühlingspunkte oder die Länge des aufsteigenden Knotens, der Abstand des Kometen von der Sonne in seiner Sonnennähe, oder die sogenannte Periheldistanz und die Lage dieses Punktes gegen die Ekliptik oder die Länge des Perihels, endlich die Richtung der Bewegung, die von West nach Ost oder von Ost nach West, rechtläufig oder rückläufig vor sich gehen kann. Um sich die Bahnelemente zu verschaffen, muß der Astronom freilich beobachten können; aber schon drei Beobachtungen genügen ihm. Allerdings gewähren diese ihm nur eine parabolische Bahn des Kometen; aber für die kurze Dauer der Sichtbarkeit ist diese ausreichend, da eine sehr langgestreckte Ellipse und eine Parabel mit demselben Brennpunkte und demselben Scheitelpunkte erst in großer Entfernung von ihrem gemeinsamen Scheitel merklich auseinander gehen. Erscheint nun ein neuer Komet, so vergleicht der Astronom sein Signalement mit dem früher beobachteter Kometen. Zeigt sich eine nahe Übereinstimmung zwischen den Bahnelementen zweier zu verschiedenen Zeiten erschienenen Kometen, so kann der Astronom mit einiger Gewißheit schließen, daß er es mit einem einzigen Gestirn zu thun hat. Ist ihm eine längere Zeit der Beobachtung gestattet, so kann er auch die Bahn des neuen Kometen genauer berechnen, besonders auch seine Umlaufszeit, und endlich aus der Umlaufszeit die Zeit der Wiederkehr ableiten.

Die beste und noch jetzt angewendete Methode, die Bahn eines Kometen zu berechnen, veröffentlichte 1797 der uns bereits bekannt gewordene Bremer Arzt und Astronom H. W. M. Olbers.

Der erste, der in dieser Weise eine Anwendung von der Newtonschen Theorie auf die Kometen machte, war Halley zu Anfang des vorigen Jahrhunderts. Er berechnete nach einer sehr umständlichen Methode bereits 24 Kometenbahnen und kam dabei zu dem wichtigen Ergebnis, daß drei dieser berechneten Bahnen so nahe miteinander übereinstimmten, daß sie lediglich nur als die Bahnen eines und desselben zu drei verschiedenen Malen wiedergekehrten Kometen gelten konnten. Er kündigte daher die Wiederkehr dieses Kometen, dessen Umlaufszeit er auf 75—76 Jahre bestimmt hatte, auf das Ende des Jahres 1758 oder Anfang 1759 an. Um dem Leser ein Urteil zu gestatten über die Berechtigung, mit welcher Halley seine Vorhersagung publizieren konnte, will ich die drei Bahnen in ihren Bahnelementen hier vorführen. Es sind folgende:

Komet von	1531	1607	1682
Durchgang durch das Perihel	August 26.	Oktober 27.	September 15.
Länge des Perihels	301° 12′	301° 38′	301° 56′
Länge des aufsteigenden Knotens . . .	45 30	48 40	51 11
Neigung der Bahn gegen die Erdbahn .	17 0	17 12	17 45
Periheldistanz	0.5799	0.5880	0.5829
Richtung der Bewegung	rückläufig.	rückläufig.	rückläufig.

Der Halleysche Komet. Nach John Herschel: 1. Ansicht des Kometen, im Sternbild des Ophiuchus am 24. Oktober 1835, gesehen mit bloßem Auge; 2. mit einem Fernrohr von 2 m Brennweite. — 3—6. Einzelheiten des Kometenkopfes während der Zeit von Ende Oktober 1835 bis Anfang Februar 1836.

Natürlich konnte diese Vorhersagung nur eine sehr unbestimmte sein, da es Halley zu seiner Zeit noch unmöglich war, den Betrag der Störungen genau zu ermitteln. Die Lösung dieser schwierigen Aufgabe übernahm der französische Mathematiker Clairault, und eine gelehrte Frau, Madame Lepaute, unterstützte ihn dabei. Sechs volle Monate rechneten beide ununterbrochen, um die Zeit der Wiederkehr des Kometen mit Rücksicht auf die störenden Einflüsse der Jupiter- und Saturnanziehungen genau festzustellen. Sie fanden, daß durch diese Störungen eine Verzögerung des Kometen gegen seinen früheren Lauf um 618 Tage erfolgen, und daß der Komet daher wahrscheinlich erst am 13. April 1759 in seine Sonnennähe eintreten werde, wiewohl sie auch hierbei eine Ungewißheit von etwa 30 Tagen nicht in Abrede stellen konnten. Alle Welt war im Jahre 1758, welches den Kometen in seiner Annäherung zur Sonne zuerst sichtbar machen mußte, gespannt, ob die Prophezeiung des längst gestorbenen großen Astronomen sich erfüllen werde. Ein Freund der Astronomie, der sächsische Landmann Palitzsch zu Prohlis bei Dresden, war es, der ihn mit seinem Fernrohre am 15. Dezember 1758 zuerst erblickte. Bald konnte man sich allgemein von der Erfüllung der Halleyschen Vorhersagung überzeugen; denn der Komet erschien wirklich in den im voraus bestimmten Sternbildern und erreichte seine Sonnennähe am 12. März 1759, also innerhalb der angedeuteten Grenzen der Rechnung. Seitdem ist dieser Komet in den Jahren 1835 und 1836 bereits wieder erschienen und hat mehr wie je die astronomische Rechnung glänzend bestätigt. Der Unterschied zwischen dem berechneten und wirklichen Eintritt des Kometen in die Sonnennähe betrug damals nur 3 Tage, eine verschwindende Größe im Vergleich zu der 76jährigen Umlaufszeit und den zahlreichen Störungen eines Laufes durch 700 Millionen Meilen mitten zwischen den gewaltigsten Welten unsres Planetensystems! Noch schärfer wird die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung bei der nächsten Wiederkehr des Halleyschen Kometen sein, die der heutigen Jugend zu erleben beschieden ist. Sie findet nämlich statt im Jahre 1910, fast genau um 12 Uhr mittags am 16. Mai wird der Komet seine Sonnennähe erreichen.

Nicht lange nach Halleys großer That sollte die Wissenschaft auf dem Gebiete der Kometenforschung neue Triumphe feiern. Im Jahre 1770 entdeckte Messier einen Kometen, der lange genug am Himmel sichtbar blieb, um seine Bahnelemente mit großer Genauigkeit festzustellen. Zum erstenmal trat der Fall ein, daß die parabolischen Elemente mit den beobachteten Örtern des Kometen nicht übereinstimmten, daß man also eine wirkliche Ellipse für seine Bahn berechnen mußte. Lexell berechnete diese Ellipse und fand, daß die große Achse derselben nicht mehr als dreimal den Durchmesser der Erdbahn übertraf, daß der Komet also in 5 Jahren und 6—7 Monaten seinen Umlauf um die Sonne vollenden mußte. Man wunderte sich freilich darüber, daß ein Komet von so kurzer Umlaufszeit nicht bereits früher gesehen worden sei, und als er vollends zur berechneten Zeit nicht wieder erschien, nannte man ihn spottweise „Lexells verlorenen Kometen“. Aber die Wissenschaft wies nun nach, daß diese kurze Bahn dem Kometen erst neuerdings gegeben war, als er am 27. Mai 1767 dem Jupiter so nahe kam, daß dessen

mächtige Anziehung ihn im Laufe hemmte. Allerdings war er der Rechnung nach im Jahre 1776 noch einmal zur Sonne zurückgekehrt, und man würde ihn gesehen haben, wenn er nicht zur ungünstigsten Zeit hinter der Sonne und zugleich in einem Abstande von 40 Millionen Meilen von der Erde gestanden hätte. Aber das Überraschendste war, daß die Rechnung jenen Spott in wirklichen Ernst verwandelte, daß sie ihn wirklich als einen „verlorenen Kometen“ erwies.

Die Bahnen von sechs periodischen Kometen unsres Sonnensystems.

Bei seiner abermaligen Rückkehr auf seiner neuen Bahn mußte der Komet nämlich dem Jupiter wiederum so nahe gekommen sein, daß er sogar zwischen ihm und seinen Monden hindurch gegangen war, so daß die Anziehung desselben die eben erst erhaltene Bahn abermals umgewandelt hatte, und zwar in eine langgestreckte Ellipse, die ihm nicht gestattete, jemals auch nur den Abstand der Ceres von der Erde zu erreichen.

Einem Phantome gleich war dieser kaum für die Wissenschaft eroberte Komet den Gesetzen des Himmels zufolge in den Raum entschwunden, in den Köpfen der großen Menge mehr eine Saat des Aberglaubens als des Vertrauens zurücklassend. Dem 19. Jahrhundert war es beschieden, Kometen von kurzer Umlaufszeit zu entdecken, durch deren regelmäßige Wiederkehr der wankend gewordene Glaube an die Macht der Rechnung über die Kometenwelt wieder hergestellt wurde. Im

Januar 1786 fand der eifrige Kometenjäger Méchain einen kleinen unansehnlichen Kometen, aber es gelang ihm nur, zwei vollständige Beobachtungen des Gestirnes zu erhalten. Der Komet war also damals für die Bahnberechnung verloren. Erst im Jahre 1793 sah Miß Caroline Herschel das Gestirn wieder, darauf wurde der Komet bei seiner späteren Rückkehr nochmals (1805) von Bouvard und (1819) von Pons entdeckt, ohne daß man die Identität mit den früheren Erscheinungen ahnte. Erst als Encke, damals noch Adjunkt auf der Sternwarte Seeberg bei Gotha, die Bahn des Kometen genauer untersuchte, fand er, daß alle vorgenannten Erscheinungen einem und demselben Kometen zuzuschreiben seien, dessen Umlaufszeit 3 Jahre 4 Monate betrage. Diese Entdeckung bestätigte sich bald, gleichfalls aber auch die von Encke signalisierte Thatsache, daß der Komet bei jedem Umlaufe den Punkt seiner Sonnennähe ungefähr 1/9 Tag früher erreiche. Diese Verkürzung der Umlaufszeit ist das einzige bis jetzt bekannte Beispiel im Sonnensysteme. Zur Erklärung nahm Encke, von Olbers aufmerksam gemacht, an, daß ein die Himmelsräume erfüllendes Medium, der Äther, die Tangentialgeschwindigkeit des Kometen hemme, wodurch letzterer der Sonne näher rücken und seine verengtere Bahn mit größerer Geschwindigkeit durchlaufen muß. „Daß die dichten und festen Planeten", schreibt Olbers an Encke, „keinen jetzt merklichen Widerstand erleiden, beweist noch nichts für Kometen, die bei oft wohl tausendmal größerem Volumen vielleicht tausendmal weniger Masse enthalten. Besonders scheint bei dem Pons=schen Kometen ein solcher Widerstand schon a priori fast erwiesen. Er bewegt sich während eines nicht unbeträchtlichen Teiles seines Umlaufes in derjenigen Gegend des Weltenraumes, in welcher sich der Stoff des Tierkreislichtes befindet. Er ist derselbe, durch dessen Mitte Herschel am 9. November 1795 einen Doppelstern 12.—13. Größe noch fast ungeschwächt sehen konnte. Dies beweist doch wohl, daß die Dichtigkeit dieses Kometen zu der Dichtigkeit des Tierkreislichtes ein komparables Verhältnis haben wird und also der Widerstand nicht ganz unmerklich sein kann. Wäre also auch der ganze übrige Weltraum selbst für Kometen als völlig leer und widerstandslos anzusehen, was ich doch nicht glaube, so ist gewiß der vorhandene Stoff des Tierkreislichtes hinreichend, die Erscheinung einer Verkürzung der Umlaufszeit und Verminderung der Exzentrizität zu erklären." Bessel war dieser Meinung nicht. „Es kann wohl sein", schreibt er an Encke, „daß der Schweif die Ursache des schnelleren Umlaufes ist, und zwar auf zwei verschiedene Arten, denn teils kann der Kopf des Kometen durch die Entwickelung des Schweifes zwischen den Schwerpunkt, welcher sich nach den Keplerschen Gesetzen bewegt, und die Sonne gebracht, also dieser genähert werden, ohne daß er wegen des Verlustes des Schweifes wieder zurückgehen könnte; teils kann die ausgestoßene Schweifmaterie fortfahren, eine Repulsivkraft zu äußern, wodurch sie den Kern der Sonne zutreibt."

Bessel sah also die Ursache der Erscheinung in der Wirkung einer Polarkraft, durch welche materielle Teilchen vom Kometen ausgeströmt werden. Die Existenz einer solchen Ausströmung und die Gesetze, nach welchen sie wirkt, hat er in seiner berühmten Abhandlung „Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halleyschen Kometen und dadurch veranlaßte Bemerkungen" untersucht und bewiesen.

In einem andern Aufsatze, „Bemerkungen über mögliche Unzulänglichkeit der die Anziehungen allein berücksichtigenden Theorie der Kometen", welcher direkt gegen Enckes Hypothese gerichtet ist, zeigt Bessel, daß die Reaktion der Ausströmung gegen den Kometenkern Veränderungen in der elliptischen Bewegung desselben hervorbringen müsse, welche nur dann, unter plausibeln Annahmen für das Verhältnis der ausgeströmten Materie zu der Masse des Kometen, als für die Beobachtung unmerklich vorausgesetzt werden dürfen, wenn man annimmt, daß die Intensität der Ausströmung in symmetrischen Lagen zum Perihel identisch ist. Die Ausströmung von Materie ist aber, wie bei den meisten Kometen, so auch beim Enckeschen mehrfach beobachtet worden. Unter den vorhandenen Abbildungen wird die Existenz derselben am deutlichsten durch die Zeichnungen konstatiert, welche uns Professor Hall für die Erscheinung von 1871 geliefert hat.

Komet ohne Schweif. Kometarischer Nebel.

Indessen hatten die genauen Untersuchungen v. Astens erwiesen, daß die Ursache der fast gleich großen Beschleunigung, welche die mittlere Bewegung des Kometen in der Zeit von 1819 bis 1868 erlitten hat, höchst wahrscheinlich einem widerstehenden Medium zuzuschreiben ist und nicht Vorgängen in dem Komet selbst. Es fand sich jedoch auch die überraschende Thatsache, daß in dem Zeitraum von 1868 bis 1871 die Bewegung des Kometen eine außerordentliche Störung erlitten haben muß, durch welche damals die Wirkung der Beschleunigung fast völlig aufgehoben wurde. Eine solche Störung konnte aber durchaus nicht von den großen Planeten ausgehen, indem deren Wirkung bereits rechnungsmäßig berücksichtigt wurde. Der Komet befand sich aber damals in derjenigen Gegend, in welcher sich die kleineren Planeten bewegen, und v. Asten hielt es nicht für unmöglich, daß ein Zusammenstoß des Kometen mit einem dieser kleinen Himmelskörper stattgefunden habe. Der genannte Astronom will diesen Erklärungsversuch freilich nur als Vermutung gelten lassen, die er keineswegs zum Range einer Hypothese erheben möchte, doch weist er darauf hin, daß sie die einzige sei, welche zu einer dem spekulativen Bedürfnisse einigermaßen entsprechenden Erklärung führe. Die Untersuchung fernerer Erscheinungen des Enckeschen Kometen wird erst in diese Sache Licht bringen können.

Ein andrer nicht minder merkwürdiger Komet von kurzer Umlaufszeit wurde 1826 von dem österreichischen Hauptmann v. Biela in Josephstadt in Böhmen entdeckt. Dieser Komet, auf den ich später noch ausführlich zurückkommen muß, durchläuft seine Bahn in etwa $6^{3}/_{4}$ Jahren. Faye in Paris entdeckte am 23. November 1843 einen dritten Kometen mit der kurzen Umlaufszeit von $7^{1}/_{2}$ Jahren, der am 7. September 1848 von Bruhns in Berlin wieder aufgefunden wurde. Einen andern Kometen entdeckte der Pater de Vico in Rom im Jahre 1844. Der Berechnung nach mußte dieser in $5^{1}/_{2}$ Jahren seinen Umlauf vollenden; aber leider ist es weder im Jahre 1850 noch 1855 gelungen, ihn bei seiner Wiederkehr zu beobachten. Glücklicher ist man in betreff eines fünften Kometen gewesen, der von Brorsen in Kiel am 26. Februar 1846 entdeckt wurde, dessen Umlaufszeit gleichfalls auf $5^{1}/_{2}$ Jahre berechnet wurde und der auch in der That am 18. März 1857 wieder aufgefunden wurde. Der von d'Arrest in Leipzig am 27. Juni 1851 entdeckte Komet mit einer Umlaufszeit von $6^{1}/_{2}$ Jahren ist am 4. Dezember 1854 auf der Kapsternwarte wiedergefunden worden. Bei seiner Rückkehr im Februar 1864 konnte er nach Villarceaus Vorausberechnung wegen Lichtschwäche nicht gesehen werden, aber beim folgenden Periheldurchgange wurde er am 31. August 1870 von Winnecke in Karlsruhe aufgefunden. Die nächste Rückkehr dieses Kometen fand 1877 statt, und in der Nacht des 8. Juni sah man ihn zu Marseille, nahe bei dem durch die Rechnung vorherbestimmten Orte des Himmels, endlich ist der Komet der Rechnung gemäß anfangs 1883 wiederum zur Sonne zurückgekehrt. Das Jahr 1858 brachte zwei neue Kometen mit kurzer Umlaufszeit, den von Tuttle am 4. und von Bruhns am 11. Januar entdeckten Kometen mit einer Periode von $13^{6}/_{10}$ Jahren und den von Winneke in Bonn am 8. März entdeckten mit einer berechneten Umlaufszeit von $5^{1}/_{2}$ Jahren. Ferner hat Tempel im Jahre 1867 einen Kometen von $5^{7}/_{10}$ Jahren Umlaufszeit entdeckt, der 1873 bei seiner Wiederkehr beobachtet wurde; im Jahre 1869 entdeckte derselbe Beobachter einen zweiten Komet, dessen Umlaufszeit auf 6 Jahre berechnet worden ist, sowie auch noch einen dritten Kometen von kurzer Umlaufszeit.

Die sogenannten inneren Kometen, deren Bahnen noch von der äußersten der uns bekannten Planetenbahnen umschlossen werden, bilden natürlich nur einen sehr kleinen Teil von der Gesamtheit der im Weltenraume überhaupt vorhandenen Kometen, die nach allen Richtungen hin das Gebiet des Sonnensystems durchschwärmen. Man hat nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, also unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Bahnen, der Grenzen und der Sonnennähe versucht, annähernd die Zahl der Kometen zu schätzen, und immer hat die Schätzung auf viele Tausende geführt. Nur ein kleiner Teil von ihnen kann uns überhaupt sichtbar werden, da selbst das am schärfsten bewaffnete Auge nur noch für diejenigen ausreicht, die innerhalb der Marsbahn ihre größte Nähe zur Sonne erreichen. Auch die Mangelhaftigkeit früherer Beobachtungen hat einen bedeutenden Anteil an der geringen Zahl bekannter Kometen. Die Geschichte berichtet nur von etwas über 500 mit bloßen Augen gesehenen Kometen, die natürlich gegen die teleskopisch sichtbaren an Zahl verschwinden müssen. Ein Jahrhundert bringt

durchschnittlich nicht mehr als 20 dem unbewaffneten Auge erkennbare Kometen, das in dieser Beziehung kometenreichste, das 18., brachte deren 36, das 17. nur 12. Bisweilen vergehen 30—40 Jahre, ohne daß ein Komet dem bloßen Auge am Himmel erscheint. Das Teleskop entdeckt dagegen in neuerer Zeit alljährlich mehrere, im Jahre 1846 sogar 8 kleine Kometen.

Ganz so steht es mit der Berechnung von Kometenbahnen. Wir wissen, daß seit einer kurzen Zeit es überhaupt erst möglich geworden ist, Kometen in den Bereich der Rechnung zu ziehen. Die wenigsten gestatten überdies eine genügende Zahl von Beobachtungen und nötigen, sich auf parabolische Bahnbestimmungen zu beschränken, die doch nur für ein kleines Bahnstück Geltung haben und keine Wiederkehr voraussehen lassen. Von 197 bis zum Jahre 1853 berechneten Kometenerscheinungen haben nur 46 gestattet, elliptische Elemente zu berechnen.

Komet von 1811.

Aber auch bei diesen ist die Verkündigung einer Wiederkehr mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Fast alle halten sich keineswegs in einer solchen Nähe, daß sich ihre Umlaufszeit auf Jahre, ja selbst auf Jahrhunderte mit einiger Wahrscheinlichkeit bestimmen ließe. Die meisten deuten auf hunderte und tausende von Jahren hin, die bis zur Zeit ihrer Wiederkehr verstreichen müssen. Der große Komet von 1769 besitzt nach Bessels Berechnung eine Umlaufszeit von 2090 Jahren. Der bewunderte Komet des Jahres 1858, der Donatische, durchläuft seine Bahn nach der Berechnung von E. v. Asten in 1880 Jahren. Man kann sich denken, welche ungeheuere Strecke er zu durchmessen hat, und welche Kontraste dadurch für seine Bewegung wie für seine Naturverhältnisse bedingt werden. Der flüchtigste Planet erscheint ernst, bedächtig gegen einen solchen Kometen, der in seiner Sonnennähe mit einer Geschwindigkeit von $7\,^6/_{10}$ Meilen in jeder Sekunde dahinschießt und in seiner Sonnenferne nur durch 100 m in der Sekunde fortschleicht, der sich einmal bis auf $11\,^9/_{10}$ Mill. Meilen, also fast den halben Abstand unsrer Erde, der Sonne nähert, dann wieder auf 6000 Mill. Meilen, also den 10maligen Abstand des Neptun, in den Raum hinausfliegt, dem einmal die Sonnenscheibe fast

dreimal so groß als uns und dann wieder kaum im Durchmesser von 6 Sekunden, also kaum in der Größe der Merkur- oder Marsscheibe erscheint. Und das sind bei weitem noch nicht die großartigsten Kontraste, welche die Kometenwelt mit ihren weitgeschweiften Bahnen darbietet. Der berühmte Komet von 1811 braucht 3069 Jahre, um seinen Lauf um die Sonne zu vollenden. Der schöne Komet von 1825, der sogenannte Stier-Komet, hat eine Umlaufszeit von vielleicht 4000 Jahren. Jener Komet von 1680, dem Whiston alles Unheil in der Weltgeschichte aufbürden wollte, durchwandert seine Bahn nach den Berechnungen Enckes in 8814 Jahren, also in einem Zeitraume, der weit über die Grenzen unsrer ganzen Weltgeschichte hinausgeht. Seine Unheilsbestimmung scheint überhaupt viel eher für den Himmel und ihn selbst als für unsre kleine Erde Bedeutung zu haben. Denn er ist es, der unter den bekannten Kometen mit in die gefährlichste Nähe der Sonne kommt, der sich bei seinem letzten Erscheinen dem Sonnenmittelpunkt bis auf 128 000 Meilen näherte, um dann freilich wieder auf 17 700 Mill. Meilen in die Ferne zu wandern. Im Jahre 1844 ward endlich zu Paris ein Komet entdeckt, dessen Bahnelemente nach der Berechnung von Plantamour auf eine Umlaufszeit von mehr als 100 000 Jahren schließen lassen. Und auch das ist noch nicht die größte Zahl, auf welche die Rechnung in der Kometenwelt geführt hat; doch muß ich nun freilich daran erinnern, daß in bezug auf Bestimmung kometarischer Umlaufszeiten die Rechnung aus Gründen, die wir schon kennen, keine zuverlässige Führerin ist; die angeführten Zahlen sind eben nur Rechnungsresultate, auf die ich praktisch gar kein Gewicht legen möchte.

Vergleichung der Exzentrizität der Planeten- und Kometenbahnen.

Die Kometen beschreiben elliptische Bahnen von außerordentlich großer Exzentrizität. Schon die Bahnen der inneren Kometen oder derjenigen von kurzer Umlaufszeit sind im Vergleich mit den exzentrischen Planetenbahnen sehr langgezogen oder elliptisch. Zum Vergleich ist hier vorstehend die sehr elliptische Bahn des kleinen Planeten Polyhymnia und die Bahn des Fayeschen Kometen dargestellt. Letztere nähert sich unter allen Kometenbahnen beinahe am meisten der Kreisform und doch übertrifft sie an Exzentrizität selbst die Bahn des genannten Planetoiden bedeutend.

Der Donatische Komet am 24. und am 26. September 1858.

Die genaueren Untersuchungen der Neuzeit haben ferner zu dem merkwürdigen Resultate geführt, daß einige wenige Kometen sich weder in elliptischen noch in parabolischen Bahnen bewegen, sondern sogenannte Hyperbeln beschreiben. In welchem Sinne eine solche Bahn von der elliptischen und parabolischen abweicht und wie diese Abweichung mit der Entfernung von der Sonne immer größer wird, ersehen wir deutlich aus der nachstehenden Figur.

Formen der Kometenbahnen.

Wenn ich den Leser darauf aufmerksam mache, daß Berechnungen der Umlaufszeit von Kometen auf keine Genauigkeit Anspruch machen können; wenn ich bemerke, daß Abweichungen von 200—300 Jahren schon bei einem Kometen, wie dem Donatischen, selbst wenn auch auf die Störungen der Planeten, die seinen Weg kreuzen, Rücksicht genommen wird, eine sehr wahrscheinliche Größe sind, so ist leicht einzusehen, wie unrecht es ist, wenn man den Astronomen zum Vorwurf machte, daß sie sich 1843 durch einen der schönsten Kometen überraschen ließen. Eben so unbillig ist es, wenn man von ihnen verlangt, daß sie Ort und Zeit eines wiedererscheinenden Kometen mit derselben Sicherheit vorherbestimmen sollen, wie Ort und Zeit eines Planeten. In betreff der Planetenörter läßt sich ein Astronom nicht gern Irrtümer zu schulden kommen. Groß war z. B. die Unruhe über solche vermeintliche Fehler, die man bei den Beobachtungen des Uranus gemacht zu haben fürchtete.

Der Donatische Komet am 3. und am 5. Oktober 1858.

Diese Unruhe hat jedoch zu der schönsten Entdeckung unsres Jahrhunderts geführt. Aber gerade diese Entdeckung eines noch nie gesehenen Weltkörpers durch die bloße Kunst der Berechnung hat man von seiten einiger unvernünftigen Leute, die aber gern öffentlich reden, zum Vorwand genommen, von den Astronomen die Entfaltung einer ähnlichen Geschicklichkeit in betreff der Kometenprophezeiungen zu verlangen. Das Erscheinen eines Weltkörpers vorherzusagen, den man noch nie gesehen hat, der auch noch nicht einmal die geringste Spur einer Wirkung gezeigt hat, das, werden wir zugeben, ist eine Unmöglichkeit. Jener berechnete Planet, der Neptun, auf den man sich beruft, war keineswegs so ganz unbekannt; seine Wirkungen waren erkennbar in den durch Beobachtungen genau bekannten Bewegungen der übrigen Planeten. Für die Kometen ist eine solche Bekanntschaft nicht zu erwarten. Sie stehen nicht alltäglich am Himmel, wie die Planeten; mancher von ihnen kehrt nach Jahrhunderten und Jahrtausenden erst wieder, und wenn er erscheint, entzieht er sich den Augen des Astronomen oft schon nach wenigen Tagen und Wochen wieder. In Wochen aber vollbringt man nicht die Arbeit von Jahrtausenden. Was man berechnen soll, muß man beobachtet haben; beobachtet aber werden die Kometen wenigstens in Europa erst seit kaum 400 Jahren; gesehen hat man sie vor Jahrtausenden, aber leider nur mit den Augen des Wahnes.

Daß man trotz so mangelhafter Beobachtungen es gelernt hat, Kometen vorher zu verkündigen, und zwar mit Glück und bewunderungswürdiger Sicherheit, das hat die Wiederkunft des Halleyschen, des Enckeschen, Bielaschen, Fayeschen und andrer Kometen bewiesen. Daß man aber niemals Minute und Stunde, selten selbst den Tag einer solchen Wiederkehr anzugeben vermag, das liegt in dem launenhaften, unselbständigen Charakter dieser Himmelswanderer. Auf ihrem weiten Wege begegnen sie einer Menge von Planeten, und von jedem lassen sie sich aufhalten oder vorwärts treiben, rechts oder links ablenken. Wir wissen zwar, daß auch die Planeten Störungen voneinander erleiden; aber diese Störungen sind nur äußerst klein, überdies vorübergehend und in bestimmte Perioden abgeschlossen. Bei den Kometenstörungen ist der Astronom wegen der unvollkommenen Rechnungsmethoden noch nicht einmal im stande, ihre Größe allgemein für einen längeren Zeitraum anzugeben, sondern er muß sie etwa von 20 zu 20 Tagen durch den ganzen Lauf des Kometen und für jeden einzelnen Planeten verfolgen. Dies erfordert für ein einziges Jahrhundert die Zahl von 20 000 der schwierigsten Rechnungen, eine Arbeit, welche die halbe Lebenszeit des geschicktesten Rechners in Anspruch nehmen würde. Wundern wir uns also nicht, daß erst für wenige Kometen eine solche Rechnung ausgeführt worden ist! Dazu kommt, daß die Störungen bei den Kometen nicht wie bei den Planeten nur innerhalb gewisser Grenzen ab- und zunehmen — wir wissen, daß darauf die Stabilität unsres in parallelen Bahnen und fast gleichen Ebenen sich bewegenden Planetensystems beruht — sondern so weit anwachsen können, daß sie allmählich eine vollkommene Umgestaltung der Kometenbahn bewirken und den Kometen sogar für immer aus dem Bereiche unsrer Beobachtung entrücken können.

Die letztere Eigentümlichkeit haben wir bereits beim Lexellschen Kometen kennen gelernt. Er ist indes nicht der einzige dieser Art, denn der Brorsensche Komet bietet ein zweites Beispiel. Nach den Berechnungen von Professor d'Arrest ist dieser Komet in seine gegenwärtige Bahn geworfen worden, als er, aus den Tiefen des Weltraumes kommend, sich im Frühlinge 1842 dem mächtigen Planeten Jupiter sehr näherte. Vor dieser Zeit beschrieb er eine Bahn, in welcher er der Sonne nie näher als 30 Mill. Meilen kam und sich bis zu 117 Mill. Meilen von ihr entfernte. Wie der Planet Jupiter den Kometen gebracht hat, so wird er seine Bahn auch wieder verändern, letzteres findet wahrscheinlich gegen das Jahr 2000 unsrer Zeitrechnung statt.

Am 1. März des Jahres 1556 erblickte der Wiener Astronom Fabricius im Sternbild der Jungfrau einen Kometen, der allerdings nicht zu den glänzendsten seines wunderbaren Geschlechts gehörte, doch im Kern die Größe des Jupiter und einen Schweif von vier Grad Länge zeigte. Es war derselbe Komet, welcher, wie die Geschichte meldet, den Kaiser Karl V. zur Niederlegung seiner Kaiserkrone veranlaßte. Halley berechnete später aus den sorgfältigen Beobachtungen dieses Astronomen, die uns leider nicht vollständig aufbewahrt sind, die Bahnelemente des Kometen. Als der englische Astronom Dunthorne in der Mitte des vorigen Jahrhunderts diese Beobachtungen mit den chinesischen früherer Jahrhunderte verglich, fand er eine auffallende Übereinstimmung zwischen seinen Bahnelementen und denen eines im Juli des Jahres 1264 in China beobachteten und in Europa durch den Tod Urbans IV., den man ihm schuld gab, historisch gewordenen Kometen, der zu den prachtvollsten aller Zeiten gehörte. Wir wissen, was solch eine Übereinstimmung zu bedeuten hat, und Dunthorne sprach es aus. Er erklärte beide Erscheinungen für die eines einzigen Gestirns, das seinen Umlauf um die Sonne in 292 Jahren vollende und darum im Jahre 1848 wieder erscheinen werde. In der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts nahm der französische Astronom Pingré die Arbeiten Dunthornes wieder auf. Eine Menge neu aufgefundener Notizen über jenen Kometen gab seinen Berechnungen größere Sicherheit, und er fand nicht nur die früheren Resultate bestätigt, sondern bemerkte auch eine große Übereinstimmung der Bahnelemente zwischen den Kometen des Jahres 1264 und 1556 und einem im Jahre 975 erschienenen Kometen, der seitdem gleichfalls für eine frühere Erscheinung desselben Gestirnes gelten mußte. In neuerer Zeit sind von Hind in London und besonders von dem holländischen Astronomen Bomme in Middelburg sorgfältige Berechnungen dieses Kometen ausgeführt worden, und letzterer hat sogar die wichtigen Planetenstörungen in seine Rechnung aufgenommen. Als Resultat dieser mühevollen und weitläufigen Arbeit hat sich ergeben, daß der Komet unter der alleinigen Einwirkung der Sonne seinen Umlauf in 308 Jahren vollenden würde, daß aber diese Zeit durch die Planetenstörungen zwischen den Jahren 1264 und 1556 um 16 Jahre verkürzt wurde, während der gegenwärtige Umlauf sich nur um 6 Jahre verkürzen würde, so daß der Komet bereits nach 302 Jahren, also im August des Jahres 1858, wiedererscheinen müsse. Wir wissen, daß sich die Vorhersagung nicht erfüllt

hat. Allerdings wurde schon von Hind bei der geringen Genauigkeit der früheren Beobachtungen für das Resultat Bommes trotz seiner bewunderungswürdigen Rechnungen ein Unsicherheit von mindestens zwei Jahren geltend gemacht, so daß die Rückkehr des Kometen noch bis zum Ende des Jahres 1860 erwartet werden konnte. Aber wir müssen noch ferner bedenken, daß dies alles überhaupt nur Gültigkeit hat, wenn die bisher vermutete Identität der beiden Kometen von 1264 und 1556 in Wirklichkeit besteht. Allein auch diese Vermutung ist in neuester Zeit bedeutend erschüttert worden. Einerseits sind von Littrow in Wien alte, bisher unbekannte Beobachtungen des Kometen von 1556 aufgefunden worden, anderseits hat Hoek die alten, namentlich chinesischen Beobachtungen des Kometen von 1264 genau untersucht, und es hat sich daraus eine größere Verschiedenheit beider Bahnen ergeben, als man ursprünglich angenommen. Endlich hat sich, wie wir noch sehen werden, in jüngster Zeit herausgestellt, daß bisweilen mehrere Kometen in ein und derselben Bahn einherlaufen, jedoch durch viel Millionen Meilen voneinander getrennt. Wenn man also die Umlaufsdauer einfach aus der Zeit zwischen dem Sichtbarwerden zweier Kometen, die in der gleichen parabolischen Bahn einhergehen, ableitet, so kann man bisweilen sehr irren und einen Kometen mit kurzer Umlaufsdauer wahrnehmen, wo wirklich mehrere Kometen von langer Umlaufsdauer in der gleichen Bahn einherlaufen.

Ich habe dem Leser einen Blick in die Geschichte und das Wesen einer astronomischen Prophezeiung werfen lassen. In halb vermoderten europäischen und halb unverständlichen chinesischen Urkunden findet der Astronom Mittel einen Weltkörper weit über die Grenzen der Neptunsbahn, die der berühmte Halleysche Komet kaum überschreitet, in eine 1800 Millionen Meilen weite Ferne zu verfolgen. Er schlägt das Gesetzbuch des Himmels auf und erforscht daraus die Störungen, welche dieser ferne Wandrer im Laufe von drei Jahrhunderten erleidet. Stolz auf die Sicherheit seiner Rechnungen, kennt er doch die Unsicherheit der überlieferten Beobachtungen, und mit wissenschaftlicher Bescheidenheit setzt er danach seiner Prophezeiung Grenzen.

Nicht von den Astronomen also konnte jene wahnsinnige Prophezeiung ausgehen, welche vor nahe drei Jahrzehnten über Millionen Köpfe der gebildetsten Länder Europas die heilloseste Verwirrung brachte. Irgend ein müßiger Kopf war es, der sich den unzeitigen Spaß gemacht hatte, gerade den 13. Juni 1857 als Tag der Wiederkehr jenes Kometen von 1556 anzugeben und einige nichtige, den Geist der Menge bethörende Voraussetzungen von einem durch ihn drohenden Weltuntergang damit in Verbindung zu bringen. Wir wissen, daß er leider nur zu viel Gläubige für diesen Unsinn fand. Es war, als ob plötzlich ein finsteres Gespenst des Mittelalters zum Schrecken aller wahrhaft Gebildeten und zur Schmach unsres aufgeklärten Jahrhunderts mitten unter uns auftauchte. Und doch war es nur das Symptom einer tiefer liegenden Krankheit. Übrigens erinnert der ganze Vorfall an einen ähnlichen tollen Schwindel, der im Jahre 1798 ganz Paris in Schrecken setzte. Ein Spaßvogel hatte sich im Journal de l'Indicateur den Mutwillen gemacht, das Publikum mit der Nachricht von

zwei Kometen, dem einen von Feuer, dem andern von Wasser, die nächstens erscheinen würden oder schon erschienen wären, zu unterhalten, und am Ende beizufügen, daß der berühmte Astronom Lalande wahrscheinlich das Nähere über diese bedenkliche Sache dem Publikum berichten würde. Einige Tage darauf kamen zahlreiche Besuche und Briefe zu Lalande, von dem man teils aus Neugier und noch mehr aus Furcht Nachricht über diesen Kometen verlangte. Er war nun genötigt, um sich von dieser lästigen Korrespondenz zu befreien, eine Nachricht an das Publikum in das Journal de Paris einrücken zu lassen; aber die Furcht war außerordentlich, ein panischer Schrecken hatte die Pariser ergriffen und zeigte ihre astronomischen Kenntnisse in keinem vorteilhaften Lichte. Man lief auf das „Observatoire nationale", um dort Erkundigungen zu holen; man kaufte die absurdesten Nachrichten über diesen Kometen, die man auf den Straßen ausrief. Am Tage selbst, wo der Komet erscheinen und den Untergang der Welt bringen sollte, waren Neugierige auf dem Pont-Neuf und den Quais, um — Venus und Jupiter anzustaunen. Als die vermeintliche Gefahr vorbei war, verwünschten die Poissardes den Astronomen, der, ihrer Meinung nach, ihnen diese unnötige Furcht verursacht hatte.

Komet mit vielfachem Schweif vom Jahre 1744.

Ich denke nicht gern an jene düstere Zeit zurück, über die noch nach Menschenaltern jeder echte Patriot erröten wird. Ein Blick in die Himmelsräume ist wohlthuender. Da sehen wir nun diese furchtbaren, wundersamen Kometenschweife ausgestreckt, die so oft das Staunen der schauenden Menge und ihre abergläubische Furcht erregten. In älteren Zeiten konnte man sich einen Kometen gar nicht ohne diesen Schweif oder Besen, wie die Chinesen sagen, denken. Aber doch haben nicht alle Kometen Schweife. Die merkwürdigen Kometen von 1585, 1665, der Halleysche Komet bei seiner fünften Erscheinung im Jahre 1682 und der Komet von 1763 zeigten keine Spur eines Schweifes. Auch der Enckesche Komet erscheint bekanntlich stets nur in der Gestalt einer runden Scheibe oder verschwommenen Nebelmasse. Daraus erklärt sich auch, daß man bei der Entdeckung neuer Planeten, wie des Uranus und der Ceres, anfangs zweifeln konnte, ob man sie nicht für Kometen halten sollte. Andre Kometen dagegen entwickeln sehr prächtige Schweife. Der des Kometen von 1843 erreichte eine Länge

von 60°, der Komet von 1769 zeigte einen Schweif von 97° und der von 1618 sogar einen von 104° Länge. Bisweilen sind sogar mehrere, gänzlich von einander gesonderte Schweife vorhanden. So hatte der seltsame Komet von 1744 am 7. und 8. März sechs durch dunkle Zwischenräume getrennte Schweife, deren jeder eine Breite von etwa 4° und eine Länge von 30—40° besaß und scharfe und helle Ränder zeigte. Auch der in Neuholland beobachtete Komet von 1825 hatte fünf Schweife, deren Strahlen einander kreuzten. Der doppelt geschweifte Komet von 1823 zeigte die eigentümliche Erscheinung, daß die beiden Schweife einen stumpfen Winkel von etwa 160° miteinander bildeten, so daß der eine Schweif also fast der Sonne zugekehrt war. Aus der scheinbaren Größe eines Kometenschweifes läßt sich, wie wir wissen, über die wahre Größe desselben durchaus kein Urteil fällen, hierbei muß man nämlich auch die Entfernung des Kometen von unsrer Erde mit in Anschlag bringen. Die mit Rücksicht hierauf ausgeführten Rechnungen ergaben für manche Kometen wahrhaft ungeheure Schweife. So dehnte sich der Schweif des ersten Kometen von 1843 am 28. März jenes Jahres bis zu 30 Millionen Meilen aus, er übertraf also die Entfernung der Erde von der Sonne noch um die Hälfte. Der ungeheuer groß erscheinende Schweif des Kometen von 1618 war dagegen nur 10 Millionen Meilen lang, immerhin noch eine ungeheure Ausdehnung im Vergleiche mit der Größe eines Planeten. Meist entwickeln sich die Schweife erst mit der Annäherung der Kometen zur Sonne. So war auch der Donatische Komet anfangs völlig schweiflos. Zur Zeit seiner Entdeckung, am 2. Juni 1858, erschien er als eine äußerst lichtschwache, verwaschene Nebelmasse von 1—2 Minuten Durchmesser, in seiner Lichtstärke kaum einen Stern zehnter bis elfter Größe erreichend. Als er am 28. August auch an unserm nordischen Himmel mit bloßen Augen sichtbar ward und sein Kern bereits die Helligkeit eines Sternes fünfter bis sechster Größe besaß, war von seinem Schweife noch kaum eine Spur zu erkennen. Dann erst begann er sein wunderbares Wachstum zu entwickeln. In wenigen Tagen hatte er den Glanz der Sterne vierter Größe erreicht, und Ende September wetteiferte er mit den glänzendsten Sternen des Fixsternhimmels und sein Schweif war auf eine Länge von 18° angewachsen. Nach seiner Entfernung geschätzt, maß der Schweif jenes Kometen damals in Wirklichkeit $5^1/_2$ Millionen Meilen; — freilich will das nicht viel sagen gegen den Schweif des Kometen von 1843. Einen ähnlichen Wechsel in Gestalt und Aussehen bieten viele Kometen auch bei ihrem Verschwinden dar. Kein Komet aber ist so geeignet, die ganze Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die teils durch die verschiedenen Stellungen des Kometen gegen Erde und Sonne, teils wohl durch wirkliche Veränderungen in den Dichtigkeitsverhältnissen des Kerns und der Nebelhülle, in Ausdehnung und Richtung des Schweifes bedingt werden, überschauen zu lassen, wie der Halleysche, schon um seiner meist sehr lange andauernden Sichtbarkeit willen. In dem langgeschweiften Kometen, als welchen er sich am 28. Oktober 1835 dem bloßen Auge zeigte, und dem kugelförmigen Nebelfleck, als der er am 3. Mai 1836 verschwand, würden wir schwerlich ohne weiteres Formen eines und desselben Weltkörpers erkennen.

Wir wissen, daß die Kometenschweife stets von der Sonne abgewandt sind. Die Chinesen wußten das bereits vor tausend Jahren; bei uns wurde diese Bemerkung zuerst im Jahre 1531 von Peter Apianus gemacht. Ganz buchstäblich dürfen wir das indes nicht nehmen.

Ausströmungen aus dem Kerne des Kometen II von 1862 am 23. August
1 Uhr morgens. 9 Uhr abends.

Fast niemals fällt die Linie, welche Komet und Sonne verbindet, genau mit der Richtung des Schweifes zusammen. Die Abweichung ist sogar bisweilen bedeutend, sodaß der Schweif fast einen rechten Winkel mit der Richtung zur Sonne bildet.

Ausströmungen aus dem Kern des Kometen von 1862 am 24. August.

Im allgemeinen weicht der Schweif nach der Richtung hin ab, aus welcher der Komet herkommt, und er zeigt sich meist auch nach dieser Seite schärfer begrenzt und heller als nach der entgegengesetzten.

Ferner wird die Zurückbeugung allemal um so größer, je weiter vom Kopfe entfernte Punkte des Schweifes man betrachtet, so daß dadurch eine Krümmung des Schweifes entsteht, die bei dem Kometen von 1744 einen solchen Grad erreichte, daß sein Schweif die Form eines Viertelkreisbogens annahm. Wir sehen, daß sich alles gerade so zeigt, als ob die Materie des Schweifes bei der Fortbewegung in einem gasförmigen Mittel mehr Widerstand erlitte als der Kern. Eine solche Erklärung ist in der That versucht worden. Man hat sich dabei zugleich auf die merkwürdige Beobachtung gestützt, daß die Nebelhüllen der Kometen mit der Entfernung von der Sonne zu wachsen scheinen. So hat man beim Enckeschen Kometen im Jahre 1828 durch genaue Messungen ermittelt, daß vom 28. Oktober bis zum 24. Dezember, in welcher Zeit sich der Abstand des Kometen von der Sonne auf $^1/_3$ verringert hatte, der wirkliche Durchmesser seines Nebels 26mal kleiner geworden, sein körperlicher Inhalt also etwa auf den 16000sten Teil seiner ursprünglichen Größe zusammengeschrumpft war. In neuester Zeit hat Julius Schmidt die Volumenverminderung des Enckeschen Kometen bei seiner Annäherung an die Sonne genauer studiert. Er untersuchte sämtliche vorliegenden Messungen des Durchmessers von diesem Gestirne und teilte sie je nach der Entfernung des Kometen von der Sonne in fünf Gruppen. Auf diese Weise fand sich der mittlere Durchmesser des Kometenkopfes für den Sonnenabstand von 1,7 Erdbahnhalbmessern zu 25 000 Meilen; für die Entfernung von 1 Erdbahnhalbmesser zu 23 000 Meilen; für den Abstand von $^9/_{10}$ Erdbahnradien zu 16 000 Meilen, für jenen von $^7/_{10}$ Erdbahnradien zu 12 000 Meilen und endlich für die Entfernung von $^{13}/_{25}$ Erdbahnhalbmessern zu 9000 Meilen. Eine rasche Volumenabnahme des Kometen mit der Annäherung an die Sonne ist hiernach nicht zu bezweifeln. Zur Erklärung dieser Thatsachen nimmt nun Valz an, daß der Äther um die Sonne herum eine Atmosphäre bilde, deren untere Schichten, ganz wie in unsrer irdischen, um so dichter sind, je zahlreichere Schichten sich über ihnen befinden. Der Komet würde also, indem er diese Schichten durchläuft, einen ihrer Dichtigkeit entsprechenden Druck erleiden, und die Verminderung seines Umfanges in der Nähe der Sonne wie die Krümmung seines Schweifes wäre damit erklärt. So geistvoll diese Erklärung ist, so scheitert sie doch völlig an der Unmöglichkeit, sich eine Ursache zu denken, welche die Hülle des Kometennebels undurchdringlich macht und den Äther hindert, daß er nicht, statt die Nebelmasse wie eine luftgefüllte Blase zusammenzudrücken, vielmehr bis in die kleinsten Teilchen den ganzen Kometen erfüllt.

Mit den Aufklärungen der Wissenschaft über die Natur der Kometenschweife ist es aber überhaupt noch traurig bestellt. Der Astronom befindet sich noch immer in dem Falle, in welchem sich einst der Sekretär der Pariser Akademie, Mairan, zur Zeit der Regentschaft des Herzogs von Orleans einer neugierigen Hofdame gegenüber befand. Sie hatte ihn nach allen möglichen astronomischen Dingen gefragt, und Mairan hatte immer die gewissenhafte Antwort gegeben: „Das weiß ich nicht." Als sie endlich ungeduldig und mit einiger Bitterkeit fragte, wozu er denn eigentlich Akademiker sei, da erwiderte Mairan stolz: „Dazu, Madame, um die Antwort geben zu können: Das weiß ich nicht."

Rapine sc.

Kometenköpfe und Kometenkerne. 1. Des Donatischen Kometen vom Jahre 1858. 2. Des Kometen von 1861.

Das wissen wir nicht, ist nach Arago noch heute die Antwort auf die meisten Fragen in betreff der Kometenschweife. Selbst die Spektralanalyse hat hier noch zu keinem sicheren Ergebnisse geführt. Wir wissen nur etwa, daß die meisten die Gestalt hohler Kegel oder Cylinder haben müssen. Anders wenigstens läßt es sich nicht erklären, daß die meisten Kometenschweife namentlich in der Nähe des Kopfes sich an den Seiten heller leuchtend zeigen als in der Mitte, so daß sie im Fernrohre geradezu oft den Anschein einer völligen Teilung erwecken. Wir können annehmen, daß sie aus sehr kleinen, das Licht reflektierenden Nebelteilchen bestehen, die nur dem Auge als eine zusammenhängende Lichtmasse erscheinen. Es bliebe sonst unerklärlich, daß sie das durchscheinende Licht der Sterne weder schwächen noch ablenken. Wir werden uns damit auch eine Erfahrung erklären können, die jeder Laie macht, daß der Anblick des Kometen im Fernrohre einen so überaus ungünstigen Eindruck macht. Der glänzende Schweif verschwindet fast mit der Vergrößerung, weil das Auge offenbar um so weniger Lichtteilchen empfängt.

Eine höchst auffallende Erscheinung, welche das bewaffnete Auge schon an den Kometen von 1744 beobachtete, ist die eigentümliche Ausstrahlung, welche oft von der Nebelhülle des Kopfes an der dem Schweife entgegengesetzten Seite nach der Richtung zur Sonne ausgeht. Diese Erscheinung ist erst durch die Arbeiten Bessels bei Gelegenheit der Wiederkehr des Halleyschen Kometen im Jahre 1835 wissenschaftlich ergründet worden. Am 2. Oktober jenes Jahres sah Bessel eine Ausströmung von Lichtmaterie aus dem Kerne in einer nahe gegen die Sonne gewendeten Richtung, eine ähnliche am 8. Oktober, und vier Tage später eine andre äußerst lebhafte, die ihre Richtung veränderte. Am 13. Oktober erkannte Bessel statt einer begrenzten Ausströmung eine unbegrenzte Masse von Lichtmaterie links vom Mittelpunkte des Kometen. Einen Tag später hatte sich die Ausströmung wieder hergestellt und war lebhafter und stärker als je, noch in 45″ Entfernung vom Mittelpunkte war sie zu unterscheiden, während der Glanz des Kernes sehr abgenommen hatte und dieser schon bei neunzigfacher Vergrößerung das Ansehen eines festen Körpers verlor. Am 15. Oktober war die Ausströmung schlecht begrenzt, am 22. aber wieder lebhaft, auch am 25. schätzte Bessel noch ihre Lage, dann aber verhinderten schlechtes Wetter und der niedrige Stand des Kometen alle weiteren Beobachtungen. Auch von andern Beobachtern sind leuchtende Ausströmungen am Halleyschen Kometen im Oktober 1835 wahrgenommen worden, so von Schwabe, Amici und Arago, doch hat niemand den Gegenstand so streng wissenschaftlich verfolgt wie Bessel. Aus seinen Messungen geht hervor, daß der ausströmende Lichtkegel sich von der Richtung nach der Sonne, sowohl rechts als links, beträchtlich entfernte, aber immer wieder zu dieser Richtung zurückkehrte, um auf die andre Seite derselben überzugehen. Bessel zeigt, daß seine Beobachtungen sich am besten mit der Annahme vereinigen lassen, daß die Ausströmung in der Bahnebene des Kometen pendulierende Schwingungen machte, deren Periode etwa vier bis sechs Tage betrug und deren Ausdehnung einen Winkel von 60 Grad umfaßte. Der prachtvolle Donatische Komet 1858 hat ebenfalls die Bildung von Lichtausströmungen und die Ablagerungen heller Nebelschichten gezeigt. Die

sämtlichen bis jetzt gemachten Wahrnehmungen vereinigen sich dahin, daß von dem der Sonne zugewendeten Teile des Kometenkerns sich mit großer Geschwindigkeit leuchtende Massen oder Ströme erheben in Richtungen, die wie ein Pendel hin und her schwanken. In der Höhe dehnt sich diese leuchtende Materie rasch aus und bildet eine Art Fächer oder Schirm, dessen Ränder sich nach rückwärts umbiegen und die Materie nach dem Schweife hinströmen lassen. Die Strömungen, welche den Schweif bilden, gehen also vom Kerne des Kometen aus und sind ganz verschieden von der Nebelhülle oder Atmosphäre, welche den Kopf des Kometen bildet. Man konnte dies bei einigen Kometen sehr deutlich beobachten. So zeigte sich nach den Wahrnehmungen von Julius Schmidt beim Kometen III 1862 am 13. August und an den folgenden Tagen sehr klar, daß der Anfang der hufeisenförmigen Basis des Schweifes mitten in der Koma oder Atmosphäre lag. Letztere behielt sehr lange Zeit hindurch ihre selbstständige kreisrunde Gestalt, wobei sie links und rechts über die Seitenränder des Schweifes übergriff. Es ist sehr wichtig bei Beobachtung geschweifter Kometen, auf diese Erscheinung zu achten. Bessel hielt es für wahrscheinlich, daß der Kern des Kometen kein eigentlich fester Körper in der Art wie die Erde, der Mond und die Planeten sei, und war der Meinung, derselbe müsse vielmehr sehr leicht in den Zustand der Verflüssigung übergehen können; auch zeige der fast unbegreiflich große Raum, welcher durch die Schweife vieler Kometen ausgefüllt werde, verbunden mit der wahrscheinlich äußersten Kleinheit ihrer Massen, daß die Materie der Kometen die Eigenschaft erlange, sich unbegrenzt auszudehnen. „Ich sehe", sagt Bessel, „keine Schwierigkeit der Annahme, daß die Kometen aus Teilen bestehen, denen nur noch wenig an der Wärme oder einer andern repulsiven Eigenschaft fehlt, welche sie besitzen müssen, um flüchtig zu werden. Daß die Verflüchtigung sich gerade an dem der Sonne zugewandten Teile der Oberfläche am frühesten zeigt, auch daß sie sich durch größere Annäherung an die Sonne und durch längere Dauer ihrer Wirkung vermehrt und über einen immer größer werdenden Teil der Oberfläche erstreckt, ist nach dieser Ansicht zu erwarten, sowie auch mit den Beobachtungen übereinstimmend."

Alessandro Donati (geb. 1811).

Die Bildung der Dunstströme und der Schweife der Kometen erklärte Bessel durch eine von der Sonne auf den Kometen ausgeführte Polarkraft ähnlich der Elektrizität oder dem Magnetismus. Derselben Ansicht war auch schon Olbers, indem er voraussetzte, daß die von dem Kometen und seiner Atmosphäre entwickelten Dämpfe sowohl von diesen als von der Sonne abgestoßen würden. „Diese Dämpfe", sagt Olbers, „müssen sich also dort anhäufen, wo die Repulsivkraft des Kometen, die wahrscheinlich umgekehrt wie das Quadrat des Abstandes vom Kern abnimmt, von der Repulsivkraft der Sonne überwogen zu werden anfängt. Ich weiß durchaus nicht, woher diese Repulsivkraft, oder bestimmter zu reden, woher dieses Bestreben der Schweifmaterie, sich von der Sonne und dem Kometenkern zu entfernen, entsteht; genug, daß die Beobachtung es deutlich zeigt. Enthalten kann man sich indessen schwerlich, dabei an etwas unsern elektrischen Anziehungen und Abstoßungen Analoges zu denken. Warum sollte auch diese mächtige Naturkraft, von der wir in unsrer feuchten, stets leitenden Atmosphäre schon so bedeutende Wirkungen sehen, nicht im großen Weltall nach einem weit über unsre kleinlichen Begriffe gehenden Maßstabe wirksam sein?"

Die Krümmung der Kometenschweife stellt Bessel dar als Ergebnis des Zusammenwirkens der eignen Bewegung des Kometen und der abstoßenden Kraft, welche die Sonne auf die flüchtigen Teilchen der aus dem Kometenkern aufsteigenden Materie ausübt. Unter dieser Voraussetzung hat neuerdings Prof. Bredichin in Moskau ausgedehnte Untersuchungen über die Krümmungen der Schweife einer großen Anzahl von Kometen angestellt und kam zu dem Ergebnisse, daß in dieser Beziehung drei verschiedene Typen zu unterscheiden sind. Prof. Bredichin machte dann weiter die Annahme, daß die Größe der Schweifkrümmung durch das Molekulargewicht der Substanzen bedingt werde, die eben den Schweif bilden. Unter dieser Voraussetzung würden die zum ersten Typus gehörigen Schweife vorzugsweise aus Wasserstoff bestehen, diejenigen des zweiten Typus aus Kohlenwasserstoffen, und die des dritten würden Eisen, Chlor u. s. w. enthalten. Das Hauptbedenken gegen diese Schlußfolgerung fand seine Begründung in der Thatsache, daß das Spektrum aller bis dahin untersuchten Kometen ein und denselben Typus zeigt. Wir werden jedoch sehen, daß diese Übereinstimmung der Kometenspektra nur eine zufällige gewesen ist, indem gegenwärtig zwei Kometen bekannt sind, deren Spektra völlig von denjenigen aller früher beobachteten abweichen. Welcher Art die von der Sonne auf die Materie der Kometen ausgeübte abstoßende Kraft ist, läßt sich bis heute durch direkte Beobachtungen noch nicht ermitteln. Zöllner hielt sie für durchaus identisch mit der Elektrizität und gelangte durch scharfsinnige Untersuchungen über die Stabilitätsbedingungen kosmischer Massen zu dem Ergebnisse, daß die Kometen aus einer flüssigen Materie bestehen und daß auf ihnen großartige Verdampfungsprozesse und Gaseruptionen stattfinden, wodurch beträchtliche Entwickelung von Elektrizität eintreten muß. Nimmt man nun an, daß gleichnamige Sonnenelektrizität auf die Elektrizität der Kometendämpfe einwirkt, so muß eine Abstoßung stattfinden, und die Repulsivkraft der Sonne findet eine ungezwungene Erklärung.

Es ist schwer, sich eine Vorstellung von der Natur dieser seltsamen Nebelwesen zu machen, deren Inneres zugleich der Schauplatz der stürmischsten Vorgänge sein muß, die wir im Weltall kennen. Aber seit vollends der Bielasche Komet am 29. Dezember 1845 vor den Augen der Astronomen eine Teilung vollzog, schien die Seltsamkeit dieser Himmelskörper den höchsten Grad erreicht zu haben. Schon alte griechische Schriftsteller hatten von solchen Spaltungen und Verdoppelungen von Kometen berichtet, aber die ungläubige Wissenschaft spottete über dergleichen Berichte. Der Bielasche Komet erhob das Unmöglichscheinende zur Thatsache. Schon Hind hatte am 19. Dezember 1845 an dem bis dahin nur ungeteilt gesehenen Kometen gegen Norden eine kleine Hervorragung bemerkt. Seit dem 29. Dezember waren zwei selbständige Kometen, jeder mit Kopf und Schweif versehen, an der Stelle des einen zu erblicken. Der neue Nebenkomet, der dem ältern nördlich voranging, wuchs allmählich so, daß er an Lichtstärke eine Zeitlang den Hauptkometen übertraf. Auch der Abstand der beiden Kerne voneinander wuchs und betrug am 13. Februar nach genauen Messungen bereits 41822 geographische Meilen. Bei der Wiedererscheinung des Kometen im Sommer des Jahres 1852 gelang es zuerst Secchi zu Rom am 26. September, die beiden getrennten Köpfe wieder zu erkennen. Sie hatten bereits einen gegenseitigen Abstand von 352342 geogr. Meilen erreicht. Es gelang auch, wenigstens annähernd, für beide Kometenkerne getrennte Bahnberechnungen anzustellen, und merkwürdigerweise schienen sich beide Bahnen völlig unabhängig voneinander zu zeigen. Wir sehen hier eine Zeichnung des Bielaschen Kometen nach Struve. Der bloße Anblick ergibt schon einen bedeutenden Unterschied in der Helligkeit beider Komponenten, und ist es merkwürdig, daß diese Helligkeit, besonders anfangs, wechselte.

Der Bielasche Doppelkomet anfangs 1846 nach Struve.

Die nächste Rückkehr des Bielaschen Kometen fand statt im Jahre 1859, aber das Gestirn konnte wegen der Lage seiner Bahn, wie die Rechnung zeigte, damals nicht beobachtet werden. Man mußte bis zum Winter 1865 bis 1866 warten, und die Zwischenzeit ward zur genauen Berechnung des Ortes am Himmelsgewölbe, wo der Komet erscheinen mußte, benutzt. Die Zeit der Wiederkehr kam, aber — der Komet blieb aus. Trotz aller Nachforschungen war das Gestirn nicht

wiederzufinden. Man kann sich denken, daß zahlreiche Vermutungen über die Ursache dieses Ausbleibens aufgestellt wurden, die wahrscheinlichste Annahme blieb aber immer die, daß sich der Komet bis zur Unsichtbarkeit aufgelöst oder zerteilt habe. Im Jahre 1872 mußte der Komet abermals zurückkehren, aber man fand ihn nicht. Da kam der 27. November und mit ihm ein großartiger Sternschnuppenschwarm. Tausende von Meteoren wurden zwischen 8 und 9 Uhr abends sichtbar. Durch frühere Untersuchungen von Schiaparelli, welche wir später kennen lernen werden, aufmerksam gemacht, kam Professor Klinkerfues in Göttingen auf die Idee, daß zur Zeit des Sternschnuppenfalles der Bielasche Doppelkomet sich in unmittelbarer Nähe der Erde befunden haben müsse. Eine kurze Überlegung zeigte ihm, daß nach dem Sternschnuppenfalle das Gestirn sich am südlichen Himmel in der Nähe des Sternes ϑ Centauri zeigen müsse. Ohne Zögern telegraphierte er nun nach Madras an den dortigen Astronomen Pogson: „Suchen Sie Bielas Komet bei ϑ Centauri!" Pogson fand in der That dort einen Kometen, und die Rechnungen von Th. v. Oppolzer zeigten hinterher, daß dieser Komet wahrscheinlich in der Bahn des Bielaschen einhergeht. Übrigens war es Pogson nicht gelungen, drei vollständige Beobachtungen des Kometen zu erhalten, da die Witterung sich ungünstig gestaltete. Oppolzer konnte daher nur unter gewissen Voraussetzungen die Bahnberechnung ausführen. Bruhns hat nun darauf hingewiesen, daß die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sei, der Pogsonsche Komet sei ein neuer und stehe nicht mit einem der beiden Bielas in Beziehung. Vielleicht ist die Bahn des Bielaschen Doppelgestirns von mehreren sehr kleinen und lichtschwachen Kometen besetzt.

Der große September-Komet von 1882, der in seinem Perihel durch die äußersten Regionen der glühenden Sonnenatmosphäre hindurchgegangen ist, zeigte in den darauf folgenden Wochen, seit Anfang Oktober, mehrere begleitende Nebelmassen, von denen man nur annehmen kann, daß sie sich von dem Hauptkometen abgetrennt hatten, besonders da sich vorher der Kern des Gestirns zuerst länglich, dann in zwei Teile zerfallen gezeigt hatte. J. Schmidt in Athen sah zuerst den Hauptkometen von einer verwaschenen, in ihrem Aussehen sehr veränderlichen Nebelmasse begleitet, die bald verschwand. Später erblickte Barnard in Nashville (N.A.) ungefähr ein halbes Dutzend kleiner nebeliger Massen etwa 8^0 von dem Hauptkometen entfernt, die jedoch nur an einem einzigen Abende gesehen werden konnten. Diese, auch von andrer Seite bestätigten Beobachtungen zeigen, daß der große Komet in der Nähe der Sonne eine teilweise Auflösung oder Zertrümmerung erlitten hat, sei dies nun infolge der Anziehung der Sonne oder der ungeheuren Glut, welcher er bei seinem Periheldurchgange ausgesetzt war und die zweifellos die gewaltigste Explosion auf dem Kern verursachte.

Die Spektralanalyse hat gestattet, bezüglich der Kometenerscheinungen noch einige Schritte weiter zu gehen, aber wir werden sofort sehen, daß damit neue Rätsel in Sicht treten, die erst eine mehr oder minder entfernte Zukunft lösen kann.

Der erste Komet, welcher spektroskopisch untersucht wurde, war der Komet I 1864, dessen Licht Donati in Florenz analysierte. Er fand das Spektrum zusammengesetzt aus drei hellen Streifen, und diese drei leuchtenden Banden sind bis

zum gegenwärtigen Jahr ausschließlich bei allen Kometen wahrgenommen worden. Wichtige Aufschlüsse durch das Spektroskop lieferte der Winneckesche Komet II 1868 in den Beobachtungen von Secchi und Huggins. Ein Vergleich des Kometenspektrums mit dem Spektrum des aus dem Olivenöl oder dem ölbildenden Gase durch die Hitze des elektrischen Funkens sich ausscheidenden Kohlenstoffs zeigt, daß eine große Ähnlichkeit beider nicht zu verkennen ist; die Linien des Wasserstoffs, welche in dem Spektrum des Ölgases außerdem noch vorkommen, waren in dem Spektrum des Kometen nicht sichtbar, so daß es scheint, daß man dieses Drei-Bandenspektrum dem Kohlenstoff und nicht einer stabilen Kohlenwasserstoffverbindung zuzuschreiben hat. Huggins fand nämlich dieselben drei Banden im Verein mit den Linien des Stickstoffs, als er elektrische Funken durch Cyanogen hindurchgehen ließ. Ebenso bleibt das Spektrum im wesentlichen dasselbe, wenn auch weniger vollständig, sobald Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff angewandt wurden. Professor Young hat 1871 das Spektrum des Enckeschen Kometen untersucht uud fand wiederum die drei hellen Banden, von denen die mittlere am augenfälligsten war. Auch beim Komet V 1873 fand Vogel die drei hellen Banden. Der Vergleich dieses Spektrums mit demjenigen des Kohlenstoffs ergab eine bemerkenswerte Übereinstimmung beider.

Am 17. April 1874 entdeckte Coggia einen Kometen, der später ziemlich hell wurde und gute spektroskopische Beobachtungen gestattete. Es fanden sich wiederum die charakteristischen drei hellen Banden, daneben aber zeigte sich ein schwaches kontinuierliches Spektrum, welches vielleicht von dem Lichte des Kerns herrührt.

Faßt man alles zusammen, was die spektroskopischen Beobachtungen des Kometen bis zum Anfange des Jahres 1882 gelehrt haben, so ergibt sich, daß das Spektrum aus drei hellen Banden besteht, die gegen Rot hin scharf begrenzt, gegen Violett hin verwaschen sind. Diese Banden sind nach Lage und Helligkeit denjenigen sehr analog, welche das Spektrum glühender Kohlenwasserstoffe zeigt, und sonach werden wir uns nicht wundern zu vernehmen, daß die Spektroskopiker zu dem Schlusse gelangten, in den Kometenköpfen seien Kohlenwasserstoffe im Zustande des Glühens vorhanden.

Bis zum Anfange des Jahres 1882 waren ungefähr 20 Kometen spektroskopisch untersucht worden und alle hatten das oben beschriebene Dreibandenspektrum des Kohlenstoffs gezeigt, und hiernach konnte man mit gutem Grunde annehmen, daß dieses Spektrum überhaupt für alle Kometen als typisch anzusehen sei. Allein dieser Schluß hat sich nicht als richtig erwiesen, wie der von Wells 1882 entdeckte Komet lehrte.

Die Bahnberechnung dieses Kometen durch E. Lamp ergab zunächst folgende Elemente:

Durchgang durch die Sonnennähe	1882 Juni 10. 56 38 m. Zeit v. Berlin,		
Länge des Perihels	53°	54′	40″
„ „ aufst. Knotens . .	204	54	49
Neigung der Bahn	73	47	29
Kleinster Abstand von der Sonne	0 0607 = $1^1/_5$ Million Meilen.		

Die beträchtliche Annäherung des Kometen an die Sonne ist sehr merkwürdig, und infolgedessen mußte seine Helligkeit zur Zeit der Sonnennähe bedeutend werden, ja man durfte vermuten, daß der Komet um diese Zeit am Tage neben der Sonne sichtbar werde. Dieser Fall ist an und für sich selten. Von älteren Erscheinungen ist in Beziehung der im August 363 in Europa und China gesehene Komet zu erwähnen, der nach dem Zeugnisse des Ammianus Marcellinus am hellen Tage sichtbar gewesen sein soll. Ebenso erwähnen mehrere Chronikschreiber, daß ein im Jahre 1106 erschienener Komet am 4. Febr. in der unmittelbaren Nähe der Sonne gesehen worden sei. Von dem ersten Kometen des Jahres 1402 wird behauptet, er habe Ende März einen solchen Glanz entwickelt, daß sein Schweif selbst zur Mittagszeit in bedeutender Erstreckung gesehen worden sei. Der von Klinkenberg entdeckte Komet von 1742 wurde am 1. März des folgenden Jahres von verschiedenen Personen um 1 Uhr nachmittags mit unbewaffnetem Auge erkannt. Den großen Komet von 1843 sah man am 28. Februar jenes Jahres bei hellem Sonnenschein in Parma und Bologna, zu einer Zeit, als er nach Amicis Messung nur 1° 23′ östlich vom Zentrum der Sonnenscheibe stand. Ein von Hind entdeckter Komet wurde vom Entdecker am 30. März 1847 nahe bei der Sonne gesehen, aber im Fernrohr, nicht mit bloßem Auge; ebenso konnte J. Schmidt den Klinkerfuesschen Kometen von 1853 an 6 Tagen, im Abstande von 15° bis 8° von der Sonne, zu Olmütz bei hellem Sonnenschein sehen, jedoch auch nicht mit bloßem Auge, sondern am Refraktor. Endlich soll der Donatische Komet 1858 am 4. Oktober am Tage im Fernrohr sichtbar gewesen sein. Das sind sämtliche Kometen, von denen behauptet oder erwiesen ist, daß sie bei Tage in unmittelbarer Nähe der Sonne gesehen werden konnten. Der Komet Wells ist nun auch wirklich am 10. Juni in Athen und Greenwich, 3° 3′ vom nächsten Sonnenrande abstehend gesehen worden, aber freilich nicht mit bloßem Auge, sondern im Fernrohr und auch dann noch sehr schwierig und als verwaschener weißer Punkt. Keine Spur eines Schweifes und keinerlei Ausströmung zeigte sich.

Zahlreiche Beobachter fanden während des Monats Mai in dem Spektrum des Kometen die bekannten drei hellen Banden, jedoch waren dieselben merkwürdigerweise weit schwächer, als man nach der Helligkeit der Kometen erwarten durfte. Am 31. Mai erkannten Professor Vogel in Potsdam und der königliche Astronom Christie in Greenwich, daß auf dem kontinuierlichen Hintergrunde des Spektrums eine intensive gelbe Linie sichtbar war, deren Zusammenfallen mit der doppelten Natriumlinie sich sofort ergab. Diese Übereinstimmung hat Vogel auf sehr einfache Art dadurch konstatiert, daß er, während das Fernrohr mit dem Spektroskop auf den Kometen gerichtet war, vor das Objektiv eine Natriumflamme halten ließ, deren Licht nun gleichzeitig mit dem vom Kometen ausgehenden Lichte auf den Spalt des Spektroskops gelangte.

Die Natriumlinien waren übrigens nicht nur im Spektrum des Kometenkerns sichtbar, sondern erschienen auch recht intensiv in andern Teilen des Kometen. Das von den glühenden Natriumdämpfen ausgehende Licht überragte an Intensität das sonstige eigne und das reflektierte Licht des Kometen so sehr, daß der Komet

ohne Spektroskop gelblich erschien, und als Professor Vogel am 6. Juni den Spalt am Spektroskope weit öffnete, erschien, wie bei den Beobachtungen von Protuberanzen, die volle Form des Kometen in gelbem Lichte.

Christie in Greenwich hat das Spektrum des Kometen zuerst am 24. April beobachtet; es zeigte damals zwei wenig hervortretende hellere Stellen im Grün und Grünblau. Am 13. Mai wurde eine hellere Bande nahe der Linie E vermutet. Der Schweif zeigte ein schwaches kontinuierliches Spektrum, das jedoch nur im Grün sichtbar war. Am 31. Mai wurden im Spektrum des Kerns zwei dunkle Banden nahe bei F gesehen, ferner zeigte sich ein hellerer Streifen im Rot und eine dunkle Bande nahe bei D gegen Blau hin. An demselben Tage erblickte Christie auch zuerst die helle gelbe Linie im Spektum des Kometenkopfes und fand am 8. Juni, daß sie bedeutend an Lichtstärke gewonnen habe. Im Fernrohr erschien der Kern des Kometen orangefarben.

Huggins ist es gelungen, das Spektrum dieses Kometen zu photographieren; am 31. Mai erhielt er eine Photographie nach einer Expositionsdauer von $1^1/_4$ Stunde. Zum Vergleich wurde auf derselben Platte das Spektrum von α im großen Bären photographiert. Das Kometenspektrum zeigt sich lebhaft und kontinuierlich von F bis etwa über H hinaus. Fraunhofersche Linien lassen sich darin nicht erkennen. Der Spalt des Spektroskops war beim Photographieren noch etwas weiter geöffnet worden als im gleichen Falle bei dem Kometen des Jahres 1881. Hierdurch müssen die Linien etwas weniger scharf werden, aber im Sternspektrum von α des großen Bären, das unter den gleichen Verhältnissen aufgenommen wurde, sind die Linien G und H sehr gut zu sehen. Hieraus schließt Huggins, daß der Teil des ursprünglichen Kometenlichts, welches ein kontinuierliches Spektrum gibt, im Vergleich zum reflektierten Sonnenlichte viel bedeutender war beim gegenwärtigen Kometen als bei demjenigen des Jahres 1881, und daß deshalb die dunklen Fraunhoferschen Linien nicht sichtbar sind.

Zu Pulkowa wurde der Komet anfangs von Hasselberg spektroskopisch untersucht. Auch dieser sah die helle gelbe Linie und überzeugte sich vom Zusammenfallen derselben mit der Natriumlinie, während von den gewöhnlichen Banden nicht die geringste Spur mehr wahrgenommen werden konnte. Da diese letzteren nach der ersten Hälfte des Mai von Bredichin, v. Konkoly und Vogel gesehen wurden, so hat bei dem Kometen seit Ende Mai eine völlige Umänderung des Spektrums stattgefunden. Um diese zu verstehen, muß man sich an gewisse Experimente, welche im physikalischen Kabinette angestellt wurden, wenden. Bringt man in eine Geißlersche Röhre Natrium, welches mit Naphtha getränkt worden ist, pumpt dann die Luft aus der Röhre und läßt hierauf den Strom eines großen Ruhmkorffschen Induktionsapparates, der in Verbindung mit einer Leidener Flasche gebracht ist, hindurchgehen, so erblickt man ein intensives Spektrum des verdampften Kohlenwasserstoffs. Erhitzt man nun die Röhre, um auch das Natrium zu verdampfen, so erscheint anfänglich das Kohlenwasserstoffspektrum verstärkt, aber sobald alles Natrium verdampft ist, verschwindet das Spektrum des Kohlenwasserstoffs fast vollständig, während die gelbe Natriumlinie äußerst lebhaft glänzt. Nimmt die Wärme ab, so

daß die Natriumdämpfe sich kondensieren, so wird das Spektrum derselben immer schwächer, während dasjenige des Kohlenstoffs wieder lebhafter hervortritt. Man ersieht hieraus, daß bei einem Gemisch von Dämpfen des Natriums und Naphthas, das Natrium allein den Strom leitet. Wenn man also voraussetzt, daß die Lichterscheinungen des Kometen wenigstens zum größten Teile durch elektrische Entladungen innerhalb seiner Materie entstehen, so wird die Analogie mit den Spektralerscheinungen gemischter Dämpfe augenfällig. Hasselberg kommt daher zu dem Schlusse, daß in dem Kometen Wells unter dem Einfluß der Sonnenhitze das darin enthaltene Natrium verdampfte, und daß die beobachteten Licht- und Spektralerscheinungen hauptsächlich durch elektrische Entladungen in dem Kometen hervorgerufen wurden.

Es ist in mehr als einer Beziehung auffällig, daß kurze Zeit nach dem Sichtbarwerden des Kometen Wells wiederum ein Komet in der Nähe der Sonne entdeckt worden ist, nämlich zur Zeit der totalen Sonnenfinsternis am 17. Mai 1882 in Ägypten. Dieser Komet erscheint auf den drei Photographien, welche die englische Expedition zur Zeit der Totalität aufnahm, ganz nahe beim Sonnenrande. Man könnte dieses Zusammentreffen als ein zufälliges betrachten, indem der zweite Komet ohne das Eintreten der Sonnenfinsternis gewiß nicht bemerkt worden wäre und vielleicht stets Kometen nahe bei der Sonne vorhanden sind. Allein durchaus eigentümlich ist es, daß am 11. September Cruls auf der Sternwarte Rio de Janeiro abermals einen Kometen nahe bei der Sonne auffand, den er mit bloßen Augen erkennen konnte. Dieser Komet wurde etwas später auch in Nizza mit bloßen Augen gesehen, sowie unabhängig von Common in Ealing entdeckt. Prof. E. Weiß hat, gestützt auf die Beobachtungen zu Aberdeen, Rom und Wien, die Berechnung der Bahn dieses Gestirnes ausgeführt und folgende Elemente gefunden:

Durchgang durch die Sonnennähe	1882 Sept. 16. 5^h m. Zeit v. Berlin,
Länge des Perihels	78^0 42′
„ „ aufst. Knotens . . .	350 44
Neigung der Bahn	143 12

Kleinster Abstand von der Sonne = $^2/_3$ Mill. Meilen.

Dieses Ergebnis ist sehr merkwürdig, denn es zeigt eine gewisse Übereinstimmung der Bahn mit derjenigen des großen Kometen vom Jahre 1668. Die spektroskopischen Beobachtungen, welche in Nizza und Aberdeen angestellt wurden, ließen ein helles kontinuierliches Spektrum erkennen, in welchem die gelbe Doppellinie D des Natriums sehr glänzend hervortrat. Diese Wahrnehmungen unterstützen in hohem Grade die oben mitgeteilte Hypothese von Hasselberg.

Dem Astronomen D. Gill auf der Kapsternwarte gelang es, wie ich schon früher mitteilte, diese Kometen an verschiedenen Tagen im Oktober und November zu photographieren. Ich führe seine Aufnahme vom 13. November hier in getreuer Nachbildung vor. Der Leser wird staunen über die große Zahl von Sternen, die sich rings um den Kometen befinden und von denen ungefähr 50 im Schweif desselben stehen. Der Vergleich mit dem Himmel zeigt, daß sehr viele dieser Sterne, welche die photographische Platte fixierte, zur 9. Größenklasse gehören.

In dem fast gleichzeitigen Auftreten von drei verschiedenen Kometen in der unmittelbaren Nachbarschaft der Sonne nur einen Zufall zu erkennen, wäre sehr kurzsichtig, aber ebensowenig wissenschaftlich würde es sein, schon jetzt eine erklärende Hypothese hierüber aufstellen zu wollen. Man kann für jetzt eben nur auf die Thatsache selbst und eine dahinterliegende noch unbekannte Ursache hindeuten, weiteres muß der Zukunft überlassen bleiben.

Nachbildung einer direkten Photographie des großen Kometen von 1882, aufgenommen am 13. November von D. Gill auf der Kapsternwarte.

So sind also die Wunder der Kometenwelt durch die wissenschaftliche Forschung allerdings nicht geschwunden; aber ihre Bedeutung haben sie gewechselt. Solange die Kometen noch als Lufterscheinungen galten, war ihre Bedeutung Unheil und Schrecken. Sie waren göttliche Vorboten irdischer Landplagen, Strafruten des erzürnten Gottes. Pest und Krieg, Mißwachs und Hungersnot kündigten sie an. Alte Schriftsteller wissen, wenn sie von der Erscheinung eines Kometen berichten, immer auch von traurigen Begebenheiten zu erzählen, die sie mit sich führten. Nun, es gibt ja der Leiden genug unter der Sonne, als daß ein Komet nicht seufzende Menschen antreffen sollte. Man sollte also denken, es könne gar nicht schwer fallen, für jeden am Himmel erscheinenden Kometen auch eine auf Erden erscheinende Plage ausfindig zu machen, zumal wenn man sich nicht streng an ein bestimmtes Land hält und den Begriff einer Plage nicht bloß auf Krankheiten und Kriege beschränkt, sondern auch auf Hitze und Kälte, Stürme und Hagelschlag, Erdbeben und vulkanische Ausbrüche, Überschwemmungen und Heuschreckenschwärme ausdehnt. Gleichwohl hat der englische Arzt Forster, der noch im Jahre 1829 eine solche Zusammenstellung von 500 Kometenerscheinungen

und ihren Unheilswirkungen unternahm, für den großen Kometen von 1680, der doch so nahe bei der Erde vorüberging, kein andres Unheil aufzufinden vermocht, als — einen heißen Sommer und einen kalten Winter! Ja an den Kometen von 1668 wußte er vollends nur — ein Sterben der Katzen in Westfalen, an einen andern den Fall eines Meteorsteines und die Zertrümmerung eines Uhrwerkes in Schottland, an einen dritten das Erscheinen großer Züge wilder Tauben zu knüpfen. Wir lachen jetzt über den Aberglauben der alten Zeit, über die öffentlichen Gebete, mit welchen die mittelalterlichen Päpste die Kometen zu vertreiben hofften, über die Erbauung von Kirchen und Klöstern, durch welche Ludwig der Fromme den Kometen von 837 zu beschwichtigen glaubte. Noch soll das Läuten der Glocken zur Mittagszeit in katholischen Ländern seinen Ursprung aus einer päpstlichen Verordnung herleiten, welche der Komet von 1456 veranlaßte, und sogar der Gebrauch, einem Niesenden „Zur Genesung!“ zuzurufen, soll nach dem Chronisten von einer durch den Kometen von 590 verursachten Pest herrühren, in welcher ein heftiges Niesen als Anzeichen des nahen Todes galt.

Die Wissenschaft hat die Kometen zu dem Range von Weltkörpern erhoben; das Publikum sieht nicht mehr in ihnen Zuchtruten eines zornigen Gottes, wohl aber Vorboten eines Weltunterganges. Die Gewißheit, daß uns innerhalb unsrer Planetenbahnen regelmäßig wiederkehrende Kometen heimsuchen, die Verschiedenheit der einzelnen Kometenkörper, welche beträchtliche Abstufungen in der Dichtigkeit des Kernes vermuten läßt: dies überbietet noch die Befürchtungen, welche frühere Jahrhunderte vor brennenden Schwertern und vor einem durch Haarsterne angedrohten Weltbrande hegten.

Es ist wahr, die Wissenschaft kann nicht leugnen, daß möglicherweise ein Komet einmal mit unsrer Erde zusamenstoße, aber keine der bekannten Kometenbahnen hat eine solche Lage, daß ein Zusammentreffen mit dem Kopfe des Kometen zu erwarten wäre. Mit den Schweifen gewisser Kometen ist die Erde aller Wahrscheinlichkeit nach bereits in den Jahren 1819 und 1823 zusammengetroffen, und selbst das nahe Zusammenkommen unsres Planeten mit dem berüchtigten Bielaschen Kometen am 27. November 1872 hat sich nur als ein harmloser Sternschnuppenregen dargestellt. Die Wirkungen eines Zusammenstoßes der Erde mit dem Kerne eines Kometen kann man sich indessen meiner Ansicht nach nicht schrecklich genug vorstellen. Es ist unzweifelhaft, daß dadurch in grausenhafter Weise der Untergang des ganzen Menschengeschlechts, ja des gesamten höheren organischen Lebens an der Erdoberfläche herbeigeführt würde. Dieser Schluß ist so sicher als irgend eine astronomische Wahrheit! Man hat früher häufig ziffernmäßig die Unwahrscheinlichkeit des Zusammenstoßes eines Kometenkopfes mit der Erde aufgezählt, aber solche Unwahrscheinlichkeit ist durchaus nicht identisch mit einer Unmöglichkeit. Meiner Ansicht nach besteht die größte Beruhigung — wo es einer solchen bedarf — darin, daß keine Andeutung in der Vergangenheit der Erde uns Kunde gibt von einem Zusammenstoße dieses Weltkörpers mit einem Kometenkerne oder der Hülle, welche denselben umgibt.

Sternschnuppenfall am Kap von Florida gesehen.

Achtes Kapitel.

Die Meteor-Asteroiden.

Aus der Höhe schoß ich her
Im Stern- und Feuerscheine,
Liege nun im Grase quer:
Wer hilft mir auf die Beine?

Ist es denn überhaupt möglich, werden wir denken, daß in einem so wohlgeordneten Systeme, für das wir doch unser Planetensystem nach allem, was darüber erforscht ist, zu halten berechtigt sind, Weltkörper aufeinanderstoßen und einander mit ihren Bruchstücken überschütten können? Ich befinde mich in einiger Verlegenheit, wie ich jetzt, nachdem ich mir ernstliche Mühe gegeben habe, dem Leser das Zusammentreffen der Kometen mit der Erde oder mit irgend einem Planeten überhaupt als unwahrscheinlich darzustellen, seinen Glauben für eine ganz ähnliche Thatsache in Anspruch nehmen soll. Wenn er mir aber für einige Minuten in ein mineralogisches Kabinett folgen wollte, so kann ich ihm dort die Beweise dafür vorlegen. Ich würde ihm eine Sammlung von hundert und etlichen Steinen zeigen, grauen oder schwarzen, ganz unscheinbaren Steinen, die wir mit unsern Händen betasten, wägen, mit Hammer und Schlegel bearbeiten könnten. Letzteres würde uns freilich nicht gestattet werden; denn es sind kostbare Steine, seltenere Schätze als die Juwelen der reichsten Fürsten. Es sind vom

Himmel herabgefallene Steine. So wunderbar das klingt, es liegen unzweifelhafte Beweise dafür vor, chemische, mineralogische, und das Augenzeugnis derer, vor denen sie niederstürzten. Diese schwarzen Meteorsteine sind fremde Weltkörper oder doch Bruchstücke von solchen, jetzt gefangen und in Kästen verschlossen, einst in schrankenloser Freiheit durch die öden Welträume ziehend. Es sind Sterne, die der Astronom nicht nötig hat, wie andre mit Fernrohren aufzusuchen, um sie doch nur dürftig zu erkennen, die vielmehr freiwillig auf der Erde einkehren, die der Wissenschaft gleichsam in den Schoß geflogen kommen, um unter Hammer und Lötrohr und Mikroskop Rechenschaft zu geben von Zuständen jenseit unsrer Atmosphäre, Kunde zu bringen von der Physik des Himmels.

Daß Steine vom Himmel fallen könnten, wurde noch vor 80 Jahren zu den Mythen und Fabeln des Volksglaubens und der Vorzeit gezählt. Allerdings berichtete die Geschichte seit Jahrtausenden von gefallenen Sternen, ja von ganzen Felsmassen, die sich vom Himmel zur Erde gesenkt hätten. Mongolische Sagen erzählen von einer 13 m hohen schwarzen Eisenmasse, die unter Feuererscheinungen an den Quellen des Gelben Flusses im westlichen China vom Himmel gefallen sei. Die Araber bewahren zwei schwarze vom Himmel gefallene Steine in der Kaaba zu Mekka, die nach Burton, der sie genau besehen hat, wahre Meteorsteine sind. Plutarch berichtet von einem ungeheuren Steine, der im Geburtsjahre des Sokrates in den Ägospotamos gefallen sei und das Gewicht einer vollen Wagenlast gehabt habe. Die Chroniken des Mittelalters wissen von zahlreichen ähnlichen Steinfällen. So fiel im zehnten Jahrhundert ein Stein in den Fluß Narni in Italien, der noch eine Elle hoch über das Wasser hervorragte. Im September 1511 wurde bei Crema unweit der Adda in Oberitalien sogar ein Mönch von einem Meteorsteine erschlagen. Hunderte solcher Steine waren bereits gefallen; fast alljährlich war in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ein solches Ereignis berichtet worden, Menschen waren erschlagen, Häuser in Brand gesteckt worden, und noch immer beharrte die Wissenschaft in vornehmer Zweifelsucht, behauptete im Widerspruch mit den klarsten Thatsachen, daß es unmöglich aus der Atmosphäre herabfallende Steine geben könne. Noch im Jahre 1769 hatte die Pariser Akademie der Wissenschaften sonderbarer Weise erklärt, daß der im Augenblicke seines Herabfallens am 13. September 1768 in der Nähe von Lucé aufgehobene Stein, den mehrere Personen mit den Augen bis zu dem Punkte, wo er den Boden erreichte, verfolgt hatten, nicht vom Himmel gefallen sei; noch im Jahre 1790 war von der Munizipalität zu Juillac im Departement des Landes ein Protokoll aufgenommen worden, welches aussagte, daß am 24. Juli jenes Jahres eine Menge von Steinen auf die Felder, Dächer und Straßen des Dorfes herabgefallen sei, und gleichwohl behandelten die gesamten damaligen Zeitungen diese Erzählung als lächerlich und des Mitleids nicht bloß der Gelehrten, sondern aller Vernünftigen wert. Da erfolgte am 26. April 1803 der berühmte Steinfall bei l'Aigle im Departement de l'Orne. Um 1 Uhr nachmittags erblickte man in der Umgegend von Caen, Alençon, Falaise und Verneuil bei ganz reinem Himmel eine große Feuerkugel.

Wenige Augenblicke darauf vernahm man bei l'Aigle in weitem Umkreise aus einem kleinen, dunklen, fast unbeweglichen Wölkchen eine heftige, 5—6 Minuten andauernde Explosion, welcher einige Kanonenschüsse und ein Getöse wie von Kleingewehrfeuer folgten. Bei jeder Explosion schienen sich Dämpfe von dem Wölkchen abzulösen, und es fielen nun zugleich über einer Fläche von $1^1/_4$ Meile Länge und $^1/_4$ Meile Breite zahlreiche heiße, aber nicht mehr glühende Steine, deren größter $8^3/_4$ kg wog. Ein Akademiker selbst, Biot, hatte die Erscheinung untersucht und Bericht davon erstattet. Jetzt endlich war der akademischen Zweifelsucht ein Ende gemacht.

Meteorstein, gefallen zu Juvenas in Südfrankreich am 15. Juni 1821.

Seit jener Zeit sind fast alljährlich Meteorsteine, zum Teil vor den Augen der Gelehrten gefallen, und die Wissenschaft hat sich nun auch der einzelnen Umstände, unter denen diese Ereignisse stattfinden, bemächtigt. Nur in seltenen Fällen stürzen die Steine aus heiterem Himmel ohne vorangegangene Bildung einer dunklen Meteorwolke, ohne begleitende Lichterscheinung, aber unter furchtbarem Krachen nieder, wie bei dem großen Steinfall von Klein-Wenden, unweit Mühlhausen am 16. September 1843. Häufiger ist es ein plötzlich sich bildendes dunkles Gewölk, welches die Steine schleudert, wie bei den erwähnten Ereignissen von Barbotan und Juillac und dem von l'Aigle. Am häufigsten zeigt sich die Erscheinung im Zusammenhang mit glänzenden Feuerkugeln. So war es bei Braunau in Böhmen am 14. Juli 1847 eine weithin sichtbare Feuerkugel, welche Bruchstücke in einem Gesamtgewichte von fast 4 Zentnern zur Erde schleuderte, die 1 m tief in den Boden eindrangen und nach sechs Stunden noch so heiß waren, daß man sie nicht anrühren konnte.

Die Zahl der mit dem genauen Datum des Herabsturzes festgestellten Meteorsteinfälle beläuft sich gegenwärtig nach dem im ersten Bande meines Hand-

buches der allgemeinen Himmelsbeschreibung gegebenen Kataloge, der bis zum Ende des Jahres 1869 reicht, auf 307*). Wir müssen aber bedenken, daß dies nur ein kleiner Bruchteil der wirklich stattgefundenen Fälle ist. Die Beobachtung und Aufzeichnung dieser Ereignisse reicht ja nur in wenige Jahrhunderte hinauf, und heute sind es nur die zivilisierten Länder, also der kleinste Teil des Erdbodens, auf welchem sie sich thatsächlich feststellen lassen. Zwei Dritteile aller gefallenen Steine verbirgt überdies das Meer, und noch mehr mögen von den oberen Schichten unsrer Erdrinde bedeckt sein. Eine überaus merkwürdige und zur Zeit noch nicht zu erklärende Erscheinung ist der wiederholte Fall von Meteorsteinen nahe denselben Orten der Erde. So stand am 21. August 1877 ein Gymnasialschüler mit einem Papierdrachen auf einem Platze in Hanau, als er am Finger von einem kleinen Kügelchen getroffen wurde, das sich heiß anfühlte und zischend in ein Wasserloch fiel. Der Knabe nahm das Steinchen mit und es erwies sich als ein 0,4 Gramm schwerer kleiner Meteorit mit glasähnlichen Einsprengungen. Am 28. August fiel dann ein kleiner Meteorstein durch das offenstehende Fenster eines Hauses in Köln; er hatte die Größe einer Bohne und war kurz nach dem Falle noch so heiß, daß man ihn nicht berühren konnte. Unlängst hat Eduard Döll auf eine merkwürdige Fallzone von Meteoriten aufmerksam gemacht, welche sich zwischen 19° und 24° östl. L. von Greenwich erstreckt auf einem Streifen, der von Rußland durch Ungarn nach der Türkei führt. In dieser Zone liegen, so viel bis jetzt bekannt, 16 durch Meteorsteinfälle ausgezeichnete Lokalitäten, und ihr gehören von den aus Österreich in den letzten 25 Jahren bekannt gewordenen 8 Meteoritenfällen 6 an, worunter jener von Knyahinya, welcher neben mehr als 2000 kleinen den größten bis jetzt bekannten Meteorstein geliefert hat. In dieser Zone fand sich auch das Eisen von Lenarto, dessen Fallzeit unbekannt ist. Und nicht nur durch die Zahl der Meteoritenfälle macht sich die Zone bemerkbar, sondern auch durch die Menge und das Gesamtgewicht der Steine, die auf ihr niederfielen. Zu Knyahinya, Pultusk, Soko Banja und Mócs hat es fast buchstäblich Steine geregnet! Wenn ich nun noch hinzufüge, daß nach Lawrence Smyth auch in Nordamerika eine Zone mit zahlreichen Meteoritenfällen sich wahrnehmen läßt, nämlich die westliche Präriegegend bei Louisville in Kentuky (wo von 12 Meteorsteinfällen, die in den letzten 18 Jahren in der Union stattfanden, 8 mit über 1000 Kilogramm Gesamtgewicht herabstürzten), so wird man zugeben, daß hier von einem Zufalle nicht die Rede sein kann. So verlockend es aber auch scheinen mag, an einer Deutung dieser Erscheinung den eignen Scharfsinn zu versuchen, so muß solche doch der Zukunft anheimgegeben werden. Unter den aufgefundenen Meteorsteinen oder Aërolithen sind einige von außerordentlicher Größe. So hatte der bei Vouillé im Jahre 1831 niedergefallene Stein ein Gewicht von 20 kg, der bei Chantonnay im Jahre 1812 gefallene ein Gewicht von 34 kg. Der Meteorstein von Juvenas, der im Jahre 1821 fiel, wiegt 92 kg und der bei Ensisheim im Elsaß gefundene 138 kg. Zu Santa Rosa in Neu-Granada

*) Siehe Klein, Handbuch der Himmelsbeschreibung, Bd. I, S. 290—294.

stürzte im Jahre 1810 ein Stein nieder, dessen Gewicht 750 kg und dessen Inhalt fast drei Kubikfuß beträgt. Durch die Kennzeichen, welche in neuerer Zeit eine genauere physikalische und chemische Untersuchung der Meteorsteine geliefert hat, ist man berechtigt, mit großer Wahrscheinlichkeit auch auf den meteorischen Ursprung einiger andern Massen zu schließen, die man in verschiedenen Teilen der Erde gefunden hat. So werden zwei große Steine für meteorischen Ursprungs gehalten, die im Bezirke von Santiago del Estera in den Laplata-Staaten liegen und die eine Länge von 2 bis $2^1/_2$ m haben. Andre meteorische Massen, zum Teil von bedeutender Größe, hat man am Red-River in Nordamerika gefunden. Auch die 1600 kg schwere nickelhaltige Masse, die man in der Gegend von Bitburg in der Eifel gefunden hat, ist ziemlich unzweifelhaft meteorisch. Kapitän Roß fand an der Nordküste der Baffinsbai zwei große Steinmassen, die mit Eisenstücken gemengt sind, aus denen die Eskimos ihre Waffen schmieden sollen. Man hat Messer und Harpunen jener Eskimos untersucht und in der That einen bedeutenden Nickelgehalt des Eisens nachgewiesen — ein gewichtiges Zeugnis für den meteorischen Ursprung. Im Jahre 1808 entdeckte v. Widmannstätten, daß abgeschliffene Stellen von Meteoreisen, sobald sie mit Salpetersäure geätzt werden, eigentümliche, unter verschiedenen Winkeln sich schneidende Linien zum Vorschein treten lassen. Man nennt diese Linien nach ihrem Entdecker die Widmannstättschen Figuren, und sie bilden ein wichtiges Kriterium zur Entscheidung, ob eine im Boden gefundene Eisenmasse meteorischen Ursprunges ist oder nicht. Solcher Massen, die sich als Meteorite von unbekannter Fallzeit erwiesen haben, kennt man gegenwärtig eine große Menge. Zu den interessantesten derselben gehört das Eisen von Lenarto in Ungarn, das man im Jahre 1814 in einem Walde bei jenem Orte fand. Der englische Chemiker Graham hat in neuerer Zeit ein Stück dieser Eisenmasse genau untersucht und gefunden, daß es sein dreifaches Volumen eines Gases enthielt, welches aus 86 Proz. Wasserstoff und $4^1/_2$ Proz. Kohlenoxyd besteht. Diese Entdeckung ist um so merkwürdiger, als es auf künstlichem Wege durchaus nicht gelingt, einer Eisenmasse Wasserstoff in dem angegebenen prozentischen Verhältnisse beizubringen. Neuere Untersuchungen, welche Wright bei 5 Eisen- und 5 Steinmeteoriten anstellte, ergaben, daß die Steinmeteoriten stets sehr bedeutende Mengen von Kohlensäure einschließen, während bei den Eisenmeteoriten diese immer gering ist, während Wasserstoff bei beiden den Hauptbestandteil der eingeschlossenen Gase bildet. Woher stammen diese Gase? In unsrer Atmosphäre sind sie durchaus nicht in dem Maße vorhanden, daß ein Meteorit sich damit beladen könnte, ja wie erwähnt vermögen wir nicht einmal künstlich einem Meteorstein so große Gasmengen beizubringen. Wir stehen hier also vor einem noch ungelösten Rätsel, dessen dereinstige Enthüllung wichtige Ergebnisse für die Zustände gewisser Teile des Weltraumes in größerer oder geringerer Entfernung von der Erdoberfläche verspricht.

Im allgemeinen zeigen die Meteorsteine, in welcher Gegend der Erde sie auch niedergefallen sein mögen, in ihrem Äußern eine gewisse physiognomische Übereinstimmung. Fast immer haben sie einen dünnen, schwarzen, glänzenden und

dabei geäderten Überzug, fast immer zeigen sie in ihrem Bruche breite, gekrümmte Flächen und abgerundete Ecken. Gleichwohl ist ihre Mannigfaltigkeit bei näherer Untersuchung noch auffallender. Es dürfte kaum möglich sein, zwischen dem Meteoreisen, aus dem man Waffen schmieden konnte, und jenen zusammengebackenen erdigen oder kohlenartigen Massen mit wenigen darin zerstreuten Metallbrocken eine Verwandtschaft zu entdecken. Es gibt Steine, die 96 Prozent, und andere, die nur 2 Prozent Eisen enthalten, und noch andre, die keine Spur von metallischer Beimengung zeigen, die nichts als ein kristallinisches Gemenge von Olivin, Augit und Anorthit oder gar von Hornblende und Albit oder Labrador sind. Das eigentliche Meteoreisen, dessen Herabsturz zwar nur in seltenen Fällen, wie bei Braunau im Jahre 1847 und bei Agram am 26. Mai 1751, hat beobachtet werden können, ist kein reines metallisches Eisen, sondern eine Legierung von Eisen und Nickel, wie sie der Erdrinde durchaus fremd ist. Dieser Nickelgehalt gilt daher mit Recht als ziemlich sicheres Kennzeichen für die meteorische Beschaffenheit einer solchen Masse. Damit ist aber stets, wenn auch in geringer Menge, eine andre noch fremdartigere Verbindung des Eisens und Nickels mit Phosphor verknüpft. In den eigentlichen Meteorsteinen kommt dieses Meteoreisen meist nur in Körnern und Splittern, in einer scheinbar gleichmäßigen, aus Olivin, Augit und Feldspatsubstanz gebildeten Grundmasse eingesprengt vor, gestaltet sich aber doch bisweilen auch zu einem zusammenhängenden inneren Eisenskelett. Die eisenfreien Meteorsteine, die nicht einmal immer Olivin und Magneteisen enthalten, bieten eine merkwürdige Ähnlichkeit mit gewissen älteren Trappgesteinen der Erde, mit Doleriten und Dioriten, ja sogar mit jüngeren vulkanischen Erzeugnissen, mit Basalten und neuen Laven dar. Bis jetzt hat man, nach Gustav Rose, der sich am eingehendsten mit der mineralogischen Zusammensetzung der Meteorite beschäftigt hat, folgende Mineralien in ihnen aufgefunden: gediegenes Eisen, etwas nickelhaltig; Tänit, ein noch nickelhaltigeres Eisen; Schreibersit, eine eigentümliche Verbindung von Phosphor, Nickel und Eisen; Rhabdit, ein Nickeleisen, dem vorhergehenden ähnlich; Graphit; Trollit oder Einfachschwefeleisen; Magnetkies; Chromeisenerz; Quarz; Olivin, derb und kristallisiert; Shepartit; Augit; Anorthit.

Ein Stück des Braunauer Meteoreisens.

Die unverkennbaren Spuren einer Wirkung des Feuers, die man an diesen Steinen entdeckte, die Feuererscheinungen, welche so häufig ihr Auftreten auf der Erde begleiteten, führten schon vor längerer Zeit auf den Gedanken, diese Steine als vulkanische Auswürflinge eines fernen Himmelskörpers, namentlich des Mondes, zu betrachten. Wir haben in die gewaltigen Kratertiefen des Mondes hinabgeblickt und uns von der vulkanischen Thätigkeit des Mondes wenigstens in der Vorzeit überzeugt. Es fragt sich also nur, ob ein so seltsamer Verkehr zwischen zwei Weltkörpern überhaupt möglich ist. Wir begreifen, daß es im Bereiche der Rechnung liegt, nachzuweisen, in welchem Abstande von der Mondoberfläche eine Ausgleichung zwischen der Schwerkraft des Mondes und der Anziehungskraft der Erde eintritt, mit welcher Geschwindigkeit ein Körper von der Mondfläche fortgeschleudert werden muß, um in eine Region zu kommen, in der nur die Erde ihn anzieht.

Stück eines Meteorsteins.

Diese Rechnung ist ausgeführt worden. Bei der geringen Größe und Masse des Mondes und seinem bekannten Mangel an Atmosphäre ist die Geschwindigkeit in der That nicht so groß, als man früher geglaubt hatte. Die Anfangsgeschwindigkeit, mit welcher ein Körper vom Monde fortgeschleudert werden muß, um auf die Erde zu gelangen, beträgt nicht mehr als 2600 m in der Sekunde, ist also mindestens nicht größer als die Wurfgeschwindigkeit, welche die Ausbrüche mancher unsrer irdischen Vulkane darbieten. Mehrere Astronomen glaubten daher geraume Zeit hindurch, eine Abstammung der Meteorsteine von Mondvulkanen nicht ganz zurückweisen zu dürfen. Die neueren Astronomen neigen dagegen zu einer andern Ansicht hin, die zuerst von Chladni im Jahre 1794 aufgestellt wurde, bei Gelegenheit der großen, über 635 Kilo schweren Meteoreisenmasse, die von Pallas in Sibirien aufgefunden wurde. Nach dieser großartigen Ansicht stammen die Meteorite aus den Tiefen des Weltraumes und stürzen auf die Erde nieder, sobald sie in den Bereich ihrer Anziehung gelangen. Diese Annahme ist heute keineswegs mehr eine Hypothese, sondern sie hat so viele Gründe für sich, daß an ihrer Richtigkeit nicht zu zweifeln ist. Auch die in neuerer Zeit mehrfach ausgeführte Berechnung der Bahnen einzelner Meteorite führt darauf, indem diese Bahnen einen ausgesprochen hyperbolischen Charakter besitzen, welcher sich nur zeigen kann, wenn der Meteorit aus den Tiefen des Sternraumes stammt.

Bei ihrem ersten Erscheinen am Himmelsgewölbe, also vor dem Herabsturze, zeigen die Meteorite ein große Übereinstimmung mit den oft Tageshelle verbreitenden Feuerkugeln. Plötzlich erscheinend und ebenso plötzlich verschwindend, überraschen sie stets den Beobachter und erschweren dadurch ihre Beobachtung. Immer bieten sie die Gestalt einer runden Scheibe von einem merklichen scheinbaren Durchmesser dar, der oft von der Größe des Vollmondes ist, und ihr Licht, wenn es auch der Plötzlichkeit wegen überschätzt wird, kommt doch oft dem Vollmondslicht nahe. Bisweilen zeigen sie sich von einer weißlichen Dunsthülle umgeben, und häufig ziehen sie einen feurigen Schweif nach sich, der Minuten lang sichtbar bleibt. Manche zerspringen unter heftigen Explosionen in Stücke, die ihren Lauf fortsetzen, aber meist auch erlöschen, ehe sie die Erde erreichen.

In dem in meinem oben erwähnten Werke enthaltenen Kataloge führe ich 1274 Feuerkugeln auf, deren Beobachtungen in wissenschaftlichen Zeitschriften verzeichnet sind, und es gibt in den letzten Jahrzehnten Jahre, in denen 50 und mehr solcher Erscheinungen berichtet wurden. Wir sehen also, daß wir es hier mit einer allgemeinen Erscheinung zu thun haben. Unter jenen Feuerkugeln haben die wenigsten nur Aerolithen erzeugt, und wenn auch unleugbar weit mehr ihre Bruchstücke zur Erde niedergesandt haben, deren Niederfallen nur nicht von Augenzeugen festgestellt werden konnte, so läßt sich doch auf keinen Fall behaupten, daß allen das gleiche Schicksal zu teil geworden. Wir müssen also ihre eigentümlichen Bahnen verfolgen, deren Nachweis vom höchsten Interesse für die Wissenschaft sein wird.

Eine wirkliche Bahnberechnung für diese Himmelskörper wird freilich durch das Überraschende ihrer Erscheinung wesentlich erschwert. Es gehörte dazu mindestens, daß die Erscheinung von zwei hinreichend voneinander entfernten Stationen gleichzeitig beobachtet würde, um eine Parallaxe zu erhalten, die von allzugroßen Fehlern frei wäre. Versuche in dieser Weise sind bereits gemacht worden und geben schon einige Aufschlüsse. Für die Höhe, in der die Feuerkugeln sich zeigen, für ihre wahre Größe, für ihre Geschwindigkeit hat man wenigstens annähernde Resultate gewonnen. Die Höhe, in der die meisten Feuerkugeln sichtbar werden, wird von $1\frac{1}{2}$ bis auf 64 Meilen geschätzt, reicht also in den meisten Fällen weit über die Grenzen hinaus, innerhalb welcher noch eine Einwirkung der Stoffe unsrer Atmosphäre auf die Materie der Feuerkugeln möglich scheint. Der wahre Durchmesser der Feuerkugeln mißt zwischen 30 und 4000 m. Die Bruchstücke, welche als Meteorsteine zu uns kommen, sind also nur als ein kleiner Teil der wirklichen Meteormassen zu betrachten. Klein bleiben sie immer noch gegenüber selbst den kleinsten der Planetoiden, aber dies vermindert nicht ihr Recht, den planetarischen Wesen zugezählt zu werden; denn wenn auch der kleinste der Planetoiden noch 4000 mal die größte der Feuerkugeln an Inhalt übertrifft, so überwiegt gewiß 10 000 mal der kleinste der Planeten den größten der Planetoiden.

So sehr wir uns nun auch bereits versucht fühlen mögen, die Meteore in die Reihe der planetarischen Weltkörper aufzunehmen, so werden wir doch erst den sichersten Halt für unser Unternehmen in der Betrachtung der Sternschnuppen finden.

Wie! diese flüchtigsten aller Erscheinungen am Himmel, diese schimmernden Lichtpunkte und Lichtlinien, die uns bisher höchstens geeignet erschienen, unsre Phantasie zu beschäftigen, als Werk des Augenblicks dem Himmel einen flüchtigen Schmuck zu verleihen — die sollen wir jetzt unter das gleiche Gesetz stellen, das die Riesenplaneten um die Sonne leitet, denen sollen wir eine ewige Dauer, ein selbständiges Bestehen, eine Körperlichkeit zugestehen? Und doch mute ich dem Leser nicht zu viel zu. Wir wissen ja, daß die wissenschaftliche Beobachtung schon manchem scheinbaren Werke des Zufalls und des Augenblicks Festigkeit und Bestimmtheit verschafft hat. So werden auch die Sternschnuppen aufhören bloße Meteore zu sein, sobald die Beobachtung sie in Fernen entrückt, die über die Grenzen der Atmosphäre hinausgehen, und für ihre Sichtbarkeit meßbare, wirkliche Größen in Anspruch nimmt. Man hat vielleicht in älterer Zeit übertrieben die Höhe einzelner Sternschnuppen auf 100 Meilen geschätzt. Aber die sorgfältigsten Beobachtungen und Berechnungen der neuesten Zeit lehren, daß nur in seltenen Fällen Sternschnuppen bis zu den Gipfeln der Anden, bis zu der Höhe von einer geographischen Meile über der Meeresfläche hinabgehen, daß bei weitem die meisten sich in Höhen von über 4 Meilen über der Erde zeigen, einzelne sogar in Höhen von 40—60 Meilen. Heis in Münster berechnete, daß eine am 10. Juli 1837 gleichzeitig in Berlin und Breslau gesehene Sternschnuppe beim Aufleuchten 62 Meilen und beim Verschwinden 42 Meilen Höhe hatte. Nach den genauen Untersuchungen von Professor Weiß in Wien beträgt die Höhe der im August vielfach aufleuchtenden Meteore im Durchschnitt 15 $^1/_2$ Meilen über der Erdoberfläche, und diese Sternschnuppen erlöschen bereits, sobald sie sich etwa bis zu 9 Meilen herabgesenkt haben.

Mit solcher Höhe ihres Erscheinens stimmt auch die Geschwindigkeit zusammen, mit welcher die Sternschnuppen sich durch den Raum bewegen. So flüchtig auch der Moment ihres Erscheinens ist, so mißt doch die Strecke, welche die Sternschnuppen von ihrem Aufleuchten bis zu ihrem Erlöschen durchlaufen, oft mehr als 40 Meilen. Ihre Geschwindigkeit wurde früher schon zu 4 $^1/_2$ bis 9 Meilen in der Sekunde geschätzt. Das spricht wohl hinlänglich deutlich für den kosmischen Ursprung dieser Meteore.

Endlich aber tritt der Beobachtung auch in der äußern Erscheinung dieser Meteore ein Umstand entgegen, der sogar einen Schluß auf eine eigentümliche Form dieser kleinen Weltkörper gestattet. Viele Sternschnuppen ziehen nämlich glänzende Lichtstreifen hinter sich her, die keineswegs einer bloßen Fortdauer des Lichtreizes auf unsrer Netzhaut zugeschrieben werden können, wie etwa bei einer im Kreise geschwungenen glühenden Kohle. Dazu dauert die Sichtbarkeit dieser Lichtstreifen viel zu lange, bisweilen über eine Minute, doch niemals über das Erlöschen des Kerns der Sternschnuppe hinaus. Noch merkwürdiger erscheinen diese sogenannten Sternschnuppenschweife bei aufmerksamer Beobachtung. Bald zeigen sie sich vollkommen gerade mit parallelen Rändern, bald etwas breiter und glänzender in der Mitte, bald am breitesten und glänzendsten an dem Orte, wo das Meteor erlischt. Nicht selten hat man eine auffallende Abnahme des Lichts gegen die Mitte der Schweife beobachtet, und wir wissen bereits von den Kometenschweifen

her, worauf dies hindeuten dürfte, auf die Gestalt eines hohlen Cylinders oder Kegels. In neuester Zeit hat man angefangen, die Schweife der Meteore im Fernrohr zu beobachten und dabei gefunden, daß sie seltsame Gestaltenveränderungen erleiden. Bei unsern Feuerkugeln bleiben die Schweife sehr lange sichtbar; so bei dem Meteor, das am 30. September 1850 abends über einen großen Teil von Nordamerika dahinzog, fast eine Stunde. Ich habe den Leser nicht umsonst aus der Region der Kometen zu diesen Meteoren geführt. Wir sehen schon eine gewisse Verwandtschaft zwischen beiden Gruppen von Weltkörpern auftauchen, und — wäre es auch jetzt nur in der Ahnung, so bestätigt sich doch abermals der Gedanke, daß bei aller Mannigfaltigkeit der Größen und Formen durch die Reihe der Welten unsres Systems sich ein gewisses Band der Verwandtschaft hindurchzieht. Gleiche stoffliche Natur verknüpft die ihre Bruchstücke zu uns niedersendenden Meteore mit unsrer Erde, und gleiche Form verknüpft sie wieder mit den seltsamsten Wesen des Himmels, mit den Kometen!

Den kräftigsten Beweis für die kosmische Natur der Sternschnuppen gewährt die periodische Regelmäßigkeit, die sie in ihrem Erscheinen zeigen, wie die Stetigkeit der Himmelsörter, von denen sie ausgehen. Die überaus große Häufigkeit dieser Meteore läßt mit weit größrer Zuverlässigkeit als bei den Meteorsteinen und Feuerkugeln Perioden erkennen. Es vergeht keine Nacht, in der sich nicht Sternschnuppen zeigen. Wir können mit großer Bestimmtheit erwarten, in jeder Stunde der Nacht 4—5 zu erblicken. Versuchen wir es, uns daraus eine Vorstellung von der Gesamtheit dieser Erscheinungen zu machen. Ein amerikanischer Astronom, Herrik in Newhaven, hat eine solche Berechnung gemacht, indem er von der Annahme ausging, daß für vier Beobachter, deren jeder seine Aufmerksamkeit auf ein Viertel des Himmels richtet, bei gewöhnlichem Zustande der Luft durchschnittlich 30 Sternschnuppen in der Stunde sichtbar werden. Für die gesamte Erdoberfläche erhielt er dann als Mittelzahl der täglich in die Erdatmosphäre eindringenden Meteore nicht weniger als 3 Millionen.

Alle diese Zahlen gelten aber nur für die gewöhnlichen Fälle. Es gibt jedoch Nächte, in denen wir nicht 4—5, sondern mindestens 10—15 Sternschnuppen in jeder Stunde, ja Schwärme von tausenden dieser Meteore niederfallen sehen können. Schon alte Chroniken erzählen von feurigen Lanzen, die in erstaunlicher Zahl sich am Himmel zeigten, und die Araber verglichen ihr Erscheinen geradezu mit Heuschreckenschwärmen. Eine alte irische Tradition spricht von den feurigen Thränen, die der heilige Laurentius alljährlich an seinem Feste, dem 10. August, weine. In den Tagen des Konzils zu Clermont, vom 10.—12. April 1095, berichten die Chronisten, sah man von Mitternacht bis zur Morgenröte Sterne vom Himmel fallen, so dicht wie Hagel. Man deutete dieses Ereignis auf die bevorstehende große Bewegung in der Christenheit, auf die Kreuzzüge. Diese Neigung, den Naturerscheinungen eine Deutung zu geben durch Verkettung mit menschlichen Schicksalen und Leidenschaften, hinderte durch das ganze Mittelalter hindurch, den wahren Sinn der Erscheinung zu erfassen. Selbst an der Schwelle des gegenwärtigen Jahrhunderts vermochte erst eine überraschende Großartigkeit dieser

Erscheinung eine ernstere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Von besondrer Bedeutung wurde die Nacht des 12. November 1799. Länger als sieben Stunden hindurch wurde in dieser Nacht vom Äquator bis zum Polarkreise, in Brasilien, in Labrador, in Deutschland und in Grönland ein Schwarm von Milliarden von Sternschnuppen beobachtet.

Humboldt, der mit Bonpland in Cumana verweilte, schildert die Erscheinung als einem in bedeutender Höhe abgebrannten künstlichen Feuerwerke gleich. Große Kugeln, die an Größe bisweilen die Mondscheibe übertrafen, unzählige Sternschnuppen, deren Richtung regelmäßig von Norden nach Süden ging, durchschnitten ununterbrochen den klaren Himmel, auf dem zahlreiche und lange phosphorische Linien gezeichnet wurden. Dreiunddreißig Jahre später, also im Jahre 1832, kehrte die Erscheinung in ähnlichem Glanze wieder; abermals waren es die Nächte vom 11.—13. November, in welchen man in Europa, Arabien und den Vereinigten Staaten Myriaden dahinschießender Sternschnuppen beobachtete. An einem Orte Frankreichs ergriffen die Arbeiter die Flucht vor diesem Feuerregen, und ein feiner Beobachter, der später so berühmt gewordene Leverrier, sagt, die Sternschnuppen seien einander ohne Unterbrechung und in so großer Zahl gefolgt, daß man Stunden gebraucht hätte, um die in demselben Augenblicke sichtbaren zu zählen, wenn sie still gestanden hätten. Aber von Entscheidung wurde erst die Erscheinung in der Nacht vom 12. zum 13. November 1833, die namentlich in Amerika von Denison Olmstedt zu Newhaven und von Palmer in Boston beobachtet wurde. Die Sternschnuppen erschienen so zahlreich und in so vielen Regionen des Himmels zugleich, daß man bei dem Versuche sie zu zählen selbst eine rohe Annäherung nicht hoffen zu dürfen meinte. Man verglich ihre Zahl mit derjenigen der Schneeflocken, die man während eines gewöhnlichen Schneefalls in der Luft schweben sieht. Noch gegen Ende des Phänomens um 6 Uhr morgens zählte man in 15 Minuten 650 Sternschnuppen auf einem Raume, der nur den zehnten Teil des sichtbaren Himmelsgewölbes umfaßte. Es wäre daraus auf mehr als 240 000 Sternschnuppen zu schließen, die in der Zeit von sieben Stunden am ganzen Himmel für einen einzelnen Ort sichtbar gewesen sein müssen. Damals machte man zuerst die Bemerkung, daß die Mehrzahl der Sternschnuppen von einem bestimmten Punkte des Himmels ausging, der in der Nähe des Regulus im Sternbilde des Löwen lag und unverrückt derselbe blieb, trotz der scheinbaren Fortbewegung des Sternhimmels. Zugleich erinnerte man sich an das ähnliche, in derselben Novembernacht beobachtete Ereignis des Jahres 1799 und kam dadurch zuerst auf den Gedanken, daß es an bestimmten Tagen periodisch wiederkehrende Sternschnuppen-Erscheinungen gäbe. Man fand zahlreiche Beobachtungen aus früherer Zeit, die vollkommen zu dieser Ansicht stimmten, und die folgenden Jahre brachten eine auffallende Bestätigung derselben. Das Jahr 1866 lieferte wiederum einen ungeheuren Sternschnuppenregen der November-Meteore. Dieses Mal aber kam derselbe keineswegs unerwartet, sondern die Astronomen, die sein Eintreffen vermuteten, hatten sich sehr wohl darauf vorbereitet. Besonders war von seiten der Berliner Sternwarte ein Beobachtungs-

system organisiert worden, welches eine scharfe Untersuchung der ganzen Erscheinung ermöglichte. Man hatte nämlich ein wohlbegrenztes Areal des Himmels ins Auge gefaßt, dessen Mittelpunkt der Polarstern und dessen Halbmesser nahe 30 Grad war. Die Zahl aller Sternschnuppenbahnen, deren Mitte in jenes Areal fiel, wurde in genau gemessenen Zeiträumen notiert. Hieraus hat man später auf dem Wege der Rechnung die um die Zeit des Maximums sichtbare Anzahl der Sternschnuppen abgeleitet.

Die scheinbaren Bahnen von November-Meteoren auf einer Karte rückwärts verlängert zur Auffindung des Radiationspunktes.

Diese Anzahl betrug in der Minute 55, und daraus ergibt sich weiter, daß damals in 10 Minuten am ganzen Himmel etwa 15000 Meteore aufleuchteten.

Das Novemberphänomen ist nicht das einzige geblieben, in welchem ein periodisches Auftreten der Sternschnuppen sich erkennen läßt. Sorgfältige Beobachtungen lenkten die Aufmerksamkeit bald auf andre unverkennbare Perioden hin. Die irische Sage von den Thränen des heiligen Laurentius wurde durch Quetelet in Brüssel zur Veranlassung, auch die Nacht des 10. August in dieser Beziehung zu prüfen. Schon die Beobachtungen der ersten Jahre von 1834 — 1840 ließen die periodische Natur der Sternschnuppenfälle in den Nächten vom 9.—14. August unzweifelhaft erscheinen. Andre Perioden hat man für den 20. — 25. April, für den 26. — 30. Juli, für den 2. — 5. August, für den

19.—26. Oktober und für den 9.—12. Dezember mit einiger Wahrscheinlichkeit erkannt. Allerdings entspricht die Fülle der Sternschnuppen in diesen Nächten nicht auch nur annähernd einer jener großartigen Erscheinungen, die ich vorhin schilderte, aber gleichwohl sind die periodischen Fälle noch unverkennbar von den vereinzelten gewöhnlicher Nächte zu unterscheiden. Die Zahl der erscheinenden Sternschnuppen betrug in der Stunde 15—20. In den meisten Fällen erreichte sie sogar 60—70. Dazu kommt noch die Regelmäßigkeit der Richtung.

Bahnen von 83 Sternschnuppen am 13. November 1866, in eine Karte eingetragen zur Feststellung des Radiationspunktes.

Sporadische Sternschnuppen gehen ganz unregelmäßig von den verschiedensten Punkten des Himmels aus. Periodische zeigen immer einen vorherrschenden Ausgangs- oder Radiationspunkt, der nicht mit der Umdrehung des Himmelsgewölbes wechselt und meist in der Richtung gelegen ist, gegen welche der Lauf der Erde hingeht. Ich erwähnte vorher schon, daß bei dem berühmten Novemberphänomen die Mehrzahl der Meteore von dem Sternbilde des Löwen auszugehen schien. Bei dem Augustphänomen ist noch weit bestimmter ein Punkt in der Nähe des Algol im Sternbilde des Perseus als Ausgangspunkt hervorgetreten. Dieser Punkt scheint überhaupt derjenige, welcher das ganze Jahr hindurch die meisten Meteore liefert. Gewöhnlich zeigen sich gleichzeitig mehrere Ausgangspunkte thätig, und zwar außer dem Punkte im Perseus und im Löwen

zwei Punkte in der Kassiopeja und im Drachenkopf. Um den Radiationspunkt bei einem Sternschnuppenfalle zu ermitteln, hat man nur nötig, die wahrgenommenen Bahnen der Meteore in eine Sternkarte einzutragen und nach rückwärts zu verlängern. Sie schneiden sich dann auf einer kleinen Fläche des Himmels, deren Mittelpunkt dem Radianten entspricht. Wir sehen vorstehend zwei solcher Zeichnungen, welche bei dem großen Sternschnuppenfalle in der Nacht vom 13. zum 14. November 1866 erhalten wurden.

Neben der ungleichen Häufigkeit der Meteore in den verschiedenen Monaten des Jahres hat sich in den genaueren Beobachtungen von Coulvier-Gravier und Julius Schmidt auch eine ungleiche Häufigkeit in den verschiedenen Nachtstunden offenbart. Es ergab sich nämlich, daß für jeden Beobachtungsort die größte Anzahl der Sternschnuppen gegen 5 Uhr morgens sichtbar wird. Diese Thatsache erschien im ersten Augenblicke außerordentlich bedenklich für die Theorie des kosmischen Ursprunges der Sternschnuppen, denn es war hiernach nicht unmittelbar klar, wie es möglich sein könne, daß für jeden Ort der Erde gegen 5 Uhr seiner mittleren Ortszeit, also für jeden verschiedenen Ort in einem verschiedenen Momente, das Maximum der Erscheinung eintrete. Dem Scharfsinne des Mailänder Astronomen Schiaparelli gelang es aber, diese Schwierigkeit zu einem der schönsten Beweise für die kosmische Natur der Sternschnuppen umzugestalten.

Sein Gedankengang ist folgender. Nehmen wir an, daß im allgemeinen die Sternschnuppen beinahe gleich dicht durch den Raum verteilt sind, so wird man von einem ruhenden Standpunkte aus in allen Richtungen durchschnittlich gleich viel Sternschnuppen wahrnehmen. Unsre Erde ist nun kein ruhender Standpunkt, sondern sie besitzt eine rotierende Bewegung um ihre Achse und eine fortschreitende um die Sonne. Was zunächst die rotierende Bewegung anbelangt, so begreift man leicht, daß sie allein auch keine Veränderung in dem sichtbaren Auftreten, überhaupt in der Verteilung der auftauchenden Meteore verursachen kann. Ganz anders aber wird die Sache, wenn wir die fortschreitende Bewegung mit hinzuziehen. Dann muß offenbar diejenige Hemisphäre am meisten von Meteoren getroffen werden, welche in der Richtung liegt, nach der hin sich die Erde durch den Raum bewegt. Denjenigen Punkt des Himmelsgewölbes, auf welchen die Erde hinfliegt, nennt Schiaparelli den Apex. Er liegt immer fast genau 90° westlich vom Orte der Sonne in der Ekliptik und steht demnach für jeden Ort morgens um 6 Uhr über dem Horizonte und abends um 6 Uhr unter dem Horizonte im Meridiane. Die meisten Sternschnuppen müssen daher von Mitternacht bis um die Zeit gegen Morgen hin beobachtet werden, die wenigsten dagegen in den Abendstunden. Das stimmt mit den Beobachtungen vollkommen überein. Aber noch mehr. Wenn die Geschwindigkeit der Fortbewegung unsrer Erde und ebenso die mittlere Schnelligkeit der Meteore bekannt sind, so kann man das Verhältnis der Häufigkeit der letzteren in den einzelnen Nachtstunden berechnen: umgekehrt kann man, wenn diese Häufigkeit durch die Beobachtungen gegeben und dabei die Schnelligkeit der Erde bekannt ist, die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen berechnen. Dieser letztere Fall liegt in der That vor uns;

Schiaparelli hat auf solchem Wege gefunden, daß die Geschwindigkeit der Sternschnuppen 1,45 mal größer ist als diejenige der Erde. Das ist nun aber fast genau die Geschwindigkeit, welche der Bewegung in einer Parabel entspricht, und es ist damit erwiesen, daß die Sternschnuppen sich ganz wie die Kometen in langgestreckten Kegelschnitten bewegen. Schiaparelli ging noch weiter und zeigte, gestützt auf Untersuchungen von Erman, wie man bei gegebener Kenntnis des Radiationspunktes die ganze Bahn eines Sternschnuppen-Schwarmes bestimmen könne.

November-Schwarm und Erdbahn.

Gegen Ende des November 1966 berechnete er nach diesen Prinzipien die Bahn der Meteore des 10. August, indem er nach den Beobachtungen von Alexander Herschel deren Radiationspunkt in 44° Rektaszension und 56° nördlicher Deklination und als Moment des Durchganges durch die Ebene der Erdbahn den 11. August 6 Uhr morgens annahm.

Als Resultat ergab sich folgende Bahn der Perseus-Meteore 1866:

Durchgang durch die Sonnennähe	1866, Juli 23,62,
Länge des Perihels	343° 38′,
Länge des aufsteigenden Knotens . . .	138 16,
Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik	64 3,
Abstand in der Sonnennähe	0,9643,
Umlaufszeit	108 Jahre,
Richtung der Bewegung	rückläufig.

Wir haben hier eine vollständig kometenartige Bahn vor uns, und was das Merkwürdigste, in der nämlichen Bahn, wie dieser Sternschnuppenschwarm, bewegt sich auch wirklich ein Komet, und zwar der dritte von 1862. Auch für die

November-Sternschnuppen berechnete Schiaparelli die vollständige Bahn und fand für sie eine langgestreckte Ellipse mit $33^{1}/_{4}$ Jahren Umlaufszeit. Zu dieser Sternschnuppenbahn fand sich nicht minder sofort ein Komet, der erste von 1866. In ähnlicher Weise haben sich für verschiedene andre Meteorströme Bahnen ergeben, die mit den Bahnen bekannter Kometen zusammenfallen. Aus dieser Übereinstimmung der Bahnen dürfen wir freilich noch durchaus nicht auf eine Identität der Sternschnuppen mit den Kometen schließen. Dies verbietet schon die Thatsache, daß die Sternschnuppenschwärme sich in andern Teilen der Bahn befinden, wie der entsprechende Komet. Schiaparelli nimmt an, daß die Sternschnuppenschwärme sich aus Systemen von kugelförmiger Gestalt und außerordentlich geringer Dichte durch Auflösung und Verteilung längs der Peripherie der Bahn unter dem Einflusse der Sonnenanziehung entwickelten. Die Kometenschweife können damit nicht in Verbindung gebracht werden, da sie in der Verlängerung der Linie zur Sonne liegen. Die Figur S. 383 zeigt uns die Lage der Bahn der Novembersternschnuppen im Vergleiche zur Erdbahn. Eine auffallende Thatsache ist, daß selbst bei den großartigsten Sternschnuppenfällen niemals irgend ein materielles Teilchen derselben zur Erde herabgekommen zu sein scheint. Allerdings wollen verschiedene Beobachter sogenannte Sternschnuppensubstanz aus der Luft fallend wahrgenommen haben, allein von allen solchen Erzählungen verdienen vielleicht nur folgende einige Berücksichtigung. Sie sind zum Teil dem großen Verzeichnisse entlehnt, welches G. v. Buguslawski mit vielem Fleiße zusammengetragen hat.

Der erste Fall soll sich bei Gelegenheit des Sternschnuppenregens vom Jahre 1097 ereignet haben; wieviel von dieser Überlieferung wahr ist, läßt sich heute freilich nicht mehr beurteilen.

Im Mai 1652 sah Christian Menzel bei Nacht und auf einer Reise zwischen Siena und Rom eine sehr helle Sternschnuppe ganz in seiner Nähe niederfallen. Er fand an der Stelle eine schleimige und klebrige Substanz, die bald nachher vertrocknete.

Im Jahre 1718 am 24. März sah man auf der Insel Lesby ein Meteor explodierend niederstürzen. Am andern Morgen fand sich an der Stelle des Niederfalls eine silberschaumartig glänzende, schleimige Masse.

Am 21. Januar 1803 beobachtete Schmidt zu Festenberg, zwischen Bersdorf bei Bajonowa und dem Schlosse zu Tribusch, eine allmählich anwachsende Sternschnuppe, die mit Gezisch vor ihm und seinen beiden Begleitern vorüberfuhr und über dem Straßengraben, auf dem mit Schnee bedeckten Felde platzte. Am nächsten Morgen fand sich auf dieser Stelle ein rundlicher Flecken von gallertartiger Materie, blaugrüner Farbe und schwefelsaurem Geruche. Die Mäntel der Reisenden waren noch am andern Tage mit feuchten, handbreiten, gelblichen und nach Schwefel riechenden Streifen bedeckt.

Die naheliegenden Schlußfolgerungen aus dieser Beobachtung wären gänzlich einwurfsfrei, wenn sich die erwähnten Personen der geringen Mühe unterzogen hätten, sich auf der Stelle an den Ort des Niederfalls zu begeben, statt dies bis zum andern Morgen aufzuschieben.

Im Jahre 1819 am 13. August explodierte dicht vor den Häusern von Amherst (Massach.) eine weiße Feuerkugel. Am andern Morgen fand man eine schleimige Substanz, die nach einigen Tagen bis auf einen geringen dunkelfarbigen Rückstand verdunstete. Wieder die schleimige Masse erst am andern Morgen! Warum haben die Beobachter gewartet bis zum andern Morgen?

Bei Allport (Derbyshire) fiel 1828 oder 1829 gegen Ende August oder Anfang September eine Feuerkugel auf einem Grasfelde nieder, von der Fragmente nach R. A. Smiths Analyse folgende absonderliche Zusammensetzung hatten: Schwefel 22,00, Eisenoxyd 34,09, Kohle 43,59 (spezifisches Gewicht 2).

Am 6. September 1835 zwischen 12 und 1 Uhr nachts sah Koch zwischen Friemar und Gotha eine Sternschnuppe fast senkrecht herabfallen, aber in der Luft erlöschen. Kurze Zeit nach ihrem Verschwinden fiel mit heftigem Geräusch 1 m vom Beobachter entfernt, eine tellergroße, gallertartige, fettig anzufühlende Substanz, die allmählich verdunstete.

Der Kammerrat v. Raumer fuhr 1845 am 24. Dezember von Dessau nach Tonitz. Es war in den Abendstunden und schon so finster, daß man nur die Chausseehaufen unterscheiden konnte, als sich ein ganz eigentümliches Phänomen zeigte, das v. Raumer in folgender Weise beschreibt:

J. V. Schiaparelli.

„Zwischen den letzten Häusern der Wasserstadt und Schulzenbrücke entstand hinter uns plötzlich eine große Helligkeit, welche, wie ich glaubte, von den Laternen eines hinter uns herkommenden Wagens herrührte, und ich gab deshalb dem Kutscher die Weisung, mit den unruhigen Pferden sich in acht zu nehmen, wenn dieser Wagen vorbeifahren würde. — Bevor ich mich von meinem Irrtume überzeugen konnte, überfiel uns aber ein Feuerregen, gleich einer geplatzen Rakete, der Wagen, Pferde, den Weg vor und neben uns bedeckte; derselbe hatte außerdem in Form und Gestalt die größte Ähnlichkeit mit einem großflockigen Schneegestöber, die Flocken bewegten sich leicht, und wo sie auffielen, auf Wagen, Pferde, Weg, verschwanden sie ohne Spur, ohne Geräusch und ohne Geruch. Die ganze Erscheinung dauerte nur ganz kurze Zeit und alles war wie vorher; von einem Knall, Zischen, noch sonst einem Geräusche habe ich weder vor derselben, noch nach derselben etwas gehört.“

Nach dieser Beschreibung könnte man geneigt sein, das in Rede stehende Phänomen mit den Erscheinungen leuchtend herabfallender Schneeflocken zu identifizieren. So begründet ein solcher Schluß aber auch auf den ersten Anblick erscheinen

möchte, so steht ihm doch die Aussage des andern Augenzeugen der Erscheinung entgegen. Die Tochter des Herrn v. Raumer teilt über ihre Wahrnehmung das Nachfolgende mit: „Abends, als es schon ziemlich dunkel war, bemerkte ich, von Dessau nach Tonitz in einem geschlossenen Wagen fahrend, daß es vor uns anfing plötzlich ganz hell zu werden, und daß die Pferde seitwärts sprangen. Als ich mich zum Fenster hinauslehnte, um die Ursache davon zu entdecken, sah ich eine leuchtende Erscheinung in Form einer Kugel und von der Größe eines Scheffelmaßes, welche sich von oben herabgesenkt und der Erde schon ziemlich nahe war. Sobald sie diese letztere erreichte und berührte, löste sich das Ganze auf in einzelnen Funken, welche schneeartig und ohne Geräusch auseinanderstoben und verlöschten."

Nach diesem Berichte kann allerdings von einer Zusammenstellung der Erscheinung mit den leuchtenden Schneeflocken nicht weiter die Rede sein. Allein was soll man aus dem Phänomen machen? Die Funken zergingen nach Aussage der Beobachter wie Schnee, der sich auflöst, und hinterließen keine Spur ihres Daseins. Hofrat Schwabe sah an demselben Abende eine Menge von Sternschnuppen; allein kann man annehmen, daß die vorgenannte Erscheinung durch niederfallende Sternschnuppenmaterie entstand und daß diese zugleich von einer solchen Beschaffenheit war, daß sie sofort beim Aufschlagen an feste Gegenstände verschwand, verdunstete oder ins Unsichtbare zerrann?

Gehen wir zu einem anderen Falle über, den Haidinger berichtet und der sich auf ein am 31. Juli 1859 bei dem Schlosse Montpreis in Steiermark beobachtetes Meteor bezieht. Dasselbe schoß zischend aus der Luft herab, ganz mit der Geschwindigkeit einer Sternschnuppe, aber heller leuchtend. Das Meteor fiel vor der Montpreiser Kirche nieder auf festen Sandboden, machte in denselben eine kleine Höhlung von der Tiefe einer halben Nußschale und verbrannte im Umfange eines Thalerstückes den Boden. Das niedergefallene Objekt glühte noch 5 bis 8 Sekunden lang. Es waren drei nußgroße Stücke nebst staub- oder sandartiger Masse, mit einer schwarzen schlackenartigen Rinde überzogen.

Als letztes Beispiel muß ich noch den am 26. November 1859 zu Charleston in Süd-Carolina beobachteten Fall erwähnen. Der Beobachter sah eine feurige Kugel in geringer Entfernung von sich zur Erde stürzen und fand am andern Tage einen kleinen Teil einer seltsamen faserigen Materie. Sie ist von Shepard untersucht worden. Derselbe fand die Fasern von mineralischer, zum Teil erdiger Beschaffenheit, mit einem kleinen Teile Kohle. Ihr Anblick war von dem aller bekannten organischen und unorganischen Körper verschieden.

Sind nun diese Beispiele beweisend für das gelegentliche Herabkommen von Sternschnuppenmaterie zur Erde? Diese Frage will ich nicht beantworten, aber jedenfalls sind die angeführten Thatsachen nicht geeignet, das regelmäßige Verschwinden der Sternschnuppen in der Luft zu erklären. Schiaparelli weist darauf hin, wie gerade bei den großen Sternschnuppenfällen des August und November die Meteore Geschwindigkeiten von 59 800 und 71 150 Meter in der Sekunde besitzen und also auf die Erde mit solchem Ungestüm stürzen, daß ihre gänzliche Auflösung in der Atmosphäre nicht gerade eine widersinnige Annahme sei.

Die Ansichten über die Bedeutung der Meteore als Weltkörper, die ich soeben hier als die Frucht der neuesten wissenschaftlichen Forschungen entwickelt habe, gehen in ihrem unbewußten Keime in ein hohes Altertum zurück. Man darf die Wissenschaft des Altertums nicht überschätzen, wie man es noch heute gar zu gern thut, aber man darf auch die gesunden, vernünftigen Gedanken, die daraus hervorleuchten, nicht völlig verachten. Das griechische Altertum, das immer unerschöpflich in Deutungen und Vermutungen gewesen ist, hatte auch über den Ursprung jener Phänomene wahrhaft überraschende Ansichten. Schon manchen griechischen Naturphilosophen waren sie mehr als bloß vorübergehende Lufterscheinungen oder entzündete Luftarten, die sich in den oberen Regionen gesammelt hätten; sie waren ihnen „ein Fall himmlischer Körper, die durch ein gewisses Nachlassen der Schwungkraft und durch den Wurf einer unregelmäßigen Bewegung herabgeschleudert werden, nicht bloß auf die bewohnte Erde, sondern auch außerhalb in das große Meer, wo man sie nicht findet." Diogenes von Apollonia nannte sie geradezu „unsichtbare Sterne, die sich namenlos mit den sichtbaren bewegen und bisweilen auf die Erde fallen und erlöschen, wie jener steinerne Stern, der ganz feurig bei Ägospotamos fiel." Ältere Philosophen, wie Anaxagoras, dachten sich nämlich alle Gestirne als Felsstücke, die der feurige Äther in seinem Umschwunge von der Erde losgerissen, entzündet und zu Sternen gemacht habe. Aber die Griechen hielten ja die Erde für den Zentralkörper, um den her sich einst alles in ähnlicher Weise gebildet habe, wie nach unsern heutigen Ansichten alle Weltkörper eines Systems aus der erweiterten Sphäre eines andern Zentralkörpers, der Sonne, entstanden. So hatten also schon die alten Griechen eine ziemlich richtige Vorstellung von dem kosmischen Ursprunge und Dasein der Meteorsteine und Sternschnuppen, eine Höhe der Anschauung, zu welcher sich das Mittelalter und selbst der freiere Geist der letzten Jahrhunderte nicht erheben konnte. (Vgl. oben Seite 370.) Die Menschheit schien erstarrt in Gleichgültigkeit und Zweifelsucht. Seit Jahrhunderten waren vor den Augen der Menschen Meteorsteine gefallen, Kalifen und mongolische Fürsten hatten aus ihren Massen Schwerter schmieden lassen, Menschen waren durch ihren Fall zerschmettert, Häuser in Brand gesteckt worden; und doch achtete man sie für nichts als bedeutsame Spiele des Zufalls, bis Chladni ihren innigen Zusammenhang mit der Weltordnung erkannte.

Auf die Einbildungskraft und die dunkle Ahnung der Völker verfehlten diese prachtvollen und wunderbaren Erscheinungen zu keiner Zeit ihre Wirkung. Plötzlich sah man Bewegung eintreten mitten in dem Schauplatze nächtlicher Ruhe; auf Augenblicke begann es sich zu beleben und zu regen im stillen Glanze des Firmaments; lange Feuerstreifen flammten auf, und mit mildem Lichte tauchte ein vergänglicher Stern empor. Mußte das nicht den Volkssinn erwecken zu dichterischen Ahnungen einer unbekannten jenseitigen Welt? Wem wäre nicht so manche wahrhaft edle Anschauung bekannt, die sich uns noch jetzt in dem kindlichen Aberglauben der Völker offenbart! Die Spinnerin, so heißt es in einer litauischen Volksdichtung, beginnt den Schicksalsfaden des neugebornen Kindes am Himmel zu spinnen, und jeder dieser Fäden endet in einen Stern. Naht der Tod des Menschen,

so reißt sein Faden, und der Stern fällt erbleichend zur Erde nieder. Selbst die Einbildungskraft roher Naturvölker entzündete der Anblick dieser Naturerscheinung zu schönen Dichtungen. Die Sterne, heißt es auf den Gesellschaftsinseln, sind die Geister der Verstorbenen; man gibt ihnen die Namen seiner Lieben. Ein fallender Stern ist ein Geist auf der Flucht vor einem mächtigen bösen Gotte, und zur Erde flieht der Geist zurück, weil er dort Hilfe erwartet in der Liebe der Zurückgebliebenen. Der Mensch kettet ja so gern sein Schicksal an die Sterne; dort will er lesen, was ihm der dunkle Schleier der Zukunft verhüllt; dorthin versetzt er die Geister der Abgeschiedenen, denn dort sind die Räume des Lichtes und der Freiheit. Nur eine ganz rohsinnliche Naturanschauung konnte in den Sternen Lichter erblicken, die sich putzen, um wieder heller zu leuchten, und deren Schnuppen zur Erde fallen.

Auch der ernsten Wissenschaft bleiben jene Meteore noch immer eine Quelle reicher Gedanken. Hier zum erstenmal bei den Meteoriten begegnen wir unsichtbaren Weltkörpern, deren Dasein uns allein durch Phänomene des Erglühens in der Nähe der Erde, vielleicht auch durch Verdunkelung des im Brennpunkte aller Planetenbahnen befindlichen leuchtenden Gestirns bekannt wird. Denn ob diese Körper vielleicht auch in ihrer Gesamtmasse durch Reflexion des Sonnenlichts sichtbar werden können, ob etwa irgend eine Beziehung zwischen ihnen und dem Zodiakallicht besteht, ist noch sehr zweifelhaft. Zum erstenmal treten wir bei den Meteoriten in einen unmittelbaren Verkehr mit der Außenwelt. Es sind nicht mehr Körper, die nur aus der Ferne leuchten und wärmen oder durch Anziehung bewegen und bewegt werden; es sind Teile von Himmelskörpern selbst, die aus dem Weltraume in unsre Atmosphäre gelangen und unserm Erdkörper verbleiben. Hier können wir betasten und wägen, was einer fremden Natur angehört. Nicht mehr die Vergängliches schaffende Phantasie, sondern die rechnende, denkende Vernunft beginnt hier ihre Thätigkeit, läßt, in kleine Massen geballt, dunkle Sternschnuppen-Asteroiden um die Sonne kreisen, kometenartig die Bahnen der großen Planeten durchschneiden und strahlend aufflammen, wenn sie der Zug der Schwere in die Nähe unsres Erdkörpers führt.

In endlose Fernen drohten uns neulich die Kometen hinauszulocken, hinaus über die Grenzen unsrer Heimat in die Anziehungsgebiete fremder Sonnen. Hier diese kleinen, kometenähnlichen Welten, diese Feuermeteore und Sternschnuppen, haben uns zur Erde zurückgeleitet. So findet sich auch in den Räumen des Himmels eine Verkettung von Nähe und Ferne, von Fremdartigem und Verwandtem. Aber nur als Fremdlinge haben wir diesmal die Heimat betreten, und abermals stürmen wir nun hinaus an die Grenzen des heimischen Gebietes, und dann werden wir auch diese verlassen, und das ungeheuere, von zahllosen Welten erfüllte Reich unsrer Sonne wird hinter uns schwinden, wird als ein Punkt, als ein schimmernder Stern nur noch winken an dem neuen Sternenhimmel, der sich über uns wölben wird.

Wohnhaus des Kopernikus in Frauenburg.

Rückblick auf das Planetensystem.

Ich war dabei, als noch da drunten siedend
Der Abgrund schwoll und strömend Flammen trug,
Als Molochs Hammer, Fels an Felsen schmiedend
Gebirgestrümmer in die Ferne schlug.

An den Grenzen eines durchwanderten Gebietes, wo in Charakter, Sitte, Sprache und Gesetz zwei Nationen, in physiognomischem Ausdruck zwei Länder sich scheiden, da hemmt wohl gern der Wanderer seinen Schritt, um mit den Blicken seine Gedanken noch einmal zurückschweifen zu lassen und die zerstreuten Erfahrungen in ein Gesamtbild zusammenzufassen, das von dem innern Sinn begriffen werden mag. An dieser Grenze ist es, wo die Geschichte und die Verfassung eines Landes erst eine rechte Bedeutung zu gewinnen scheinen, wo die Bedingungen seines Bestehens und die Gefahren seiner Zukunft nahe gerückt werden. Wie hätten wir nun an den Grenzen dieses großen heimatlichen Gebietes, das wir als unser Sonnensystem, als unsre planetarische Welt bezeichneten, nicht für einen Augenblick wenigstens unsern eilenden Flug hemmen sollen, um rückwärts zu schauen auf diese mannigfaltigen, zahllosen Gestalten, die doch zu einer Ordnung zusammengehalten, unter ein Gesetz gestellt, Jahrtausende hindurch die kühnsten und genialsten Anstrengungen des menschlichen Geistes erforderten, um dem irdischen Wanderer zugänglich zu werden! Wie hätten wir gedankenlos die Schwelle eines Jenseits überschreiten können, hinter der sich eine Unendlichkeit an

Raum und Zeit eröffnet, eine Fremde, die uns in ihrer Fülle und Öde unser eignes Heimatsgebiet zu entfremden droht!

Wir wollen die Gelegenheit benutzen, noch einmal die Reihe der Gestalten zu durchfliegen, denen wir in diesem Sonnensysteme begegneten. Da haben wir vor allen die Sonne, die Weltleuchte, das pulsierende Herz dieses Weltenreiches, mehr als 700 mal an Masse die gesamte Planetenwelt überwiegend. Wir begegneten dann einer Schar von Planeten, kugelförmigen, dunklen Weltkörpern, die sich in verschiedenen Abständen, aber fast in gleicher Ebene um die Sonne bewegten. Aber hier zeigte sich wieder eine auffallende Mannigfaltigkeit. Schon die Größe schied sie in gewisse Gruppen. Da waren vier Planeten, der Sonne am nächsten stehend, von mäßiger Größe, von fast gleicher Dichtigkeit, in fast gleicher, ziemlich langsamer Bewegung um die Achse schwingend. In weiter Ferne trafen wir abermals vier Planeten von riesiger Größe, von auffallend geringer Dichtigkeit, die nicht ein Viertel der irdischen überstieg, und mit großer Geschwindigkeit, die irdische um das Doppelte übertreffend, um die Achse rotierend. Zwischen diesen beiden Gruppen stand eine dritte, von zahlreichen, außerordentlich kleinen Planeten gebildet, die sich in sehr stark geneigten, exzentrischen, ineinander verschlungenen Bahnen bewegten. Die größeren der Planeten zeigten sich überdies von Monden begleitet, und diese Monde boten in ihrer Bewegung eine überraschende Übereinstimmung dar, indem ihre Achsendrehung mit ihrem Umlaufe um die Hauptplaneten genau zusammenfiel. Wir begegneten dann weiter in dem Raume, welcher von den Planeten gemieden schien, einer Schar zahlloser Kometen, die, wunderbar mannigfaltig von Gestalt und Bewegung, nach allen Richtungen und in alle Fernen schweifend, bald von den Planetenbahnen umschlossen, bald nur in ihrer Sonnennähe diese berührend, doch in der exzentrischen Gestalt und der bedeutend geneigten Lage ihrer Bahnen, sowie in der außerordentlich geringen Dichtigkeit ihrer Masse eine gewisse Verwandtschaft bekundeten. Wir sahen dann weiter die Zahl der Weltkörper unsres Systems vermehrt durch die Schwärme der Meteor-Asteroiden, welche in vielfach verschlungenen Bahnen die Sonne umkreisen und in einzelnen Eigentümlichkeiten an die Kometen erinnern. Wir wurden endlich noch auf eine geheimnisvolle Form der Materie unsres Sonnengebietes aufmerksam gemacht, die uns in der Erscheinung des Tierkreislichtes sichtbar wird und wahrscheinlich einem Ringe staub- oder nebelartiger Materie angehört.

Als wir dieses reiche Gebiet unsres Sonnensystems durchschweiften, ist ein wichtiger Umstand unsrer Aufmerksamkeit nicht entgangen. Was wir von diesen Welten erfuhren und erforschten, war im wesentlichen einer Zurückführung auf Zahlenverhältnisse fähig und stützte sich auf Voraussetzungen, die einer strengen Prüfung unterworfen werden konnten. Einzelne dieser Voraussetzungen habe ich den Leser selbst prüfen gelehrt, andre gehören einer besondern mathematischen Wissenschaft, einer Mechanik des Himmels an. Was sich dem Bereiche der Zahlen entzog, das war nur die Deutung der planetarischen Oberflächen, der gasförmigen Umhüllungen der Weltkörper, der Natur der Kometenschweife, des Zodiakallichtes und der rätselhaften Meteor-Asteroiden.

Die Bahnen der Planeten. — (Unten: Die Neigungen der Planetenbahnen gegen die Bahn der Erde.)

Was aber durch die Zahl überwältigt wird, das ist die eigentliche Errungenschaft der astronomischen Forschung. Eine Zahlentabelle, wie sie etwa die Bahnelemente der Planeten darstellt, oder selbst eine bildliche Darstellung der Planetenbahnen hat für die unmittelbare Anschauung einen nicht zu unterschätzenden Wert. Sie enthält einen tieferen geistigen Inhalt, als ganze Bücher des Altertums über die Ordnung des Himmels. Gewiß, ein Astronom des Altertums, wenn er heute unter uns träte, würde in weit gerechteres Erstaunen über diese Zahlen geraten, als über die Wunder unsrer Mechanik, über Dampfmaschinen und Telegraphen.

Nur Zahlen führen zu Gesetz und Ordnung; nur sie lehren eine Gemeinsamkeit der Verhältnisse kennen, eine innere Einheit, sei es durch das Gesetz oder durch den Ursprung, erschließen. Wenn die Alten auch am Himmel ihrem bekannten Gange, alles zu ordnen und in Systeme abzugrenzen, folgten, so konnten sie sich dabei nur auf sehr äußerliche Wahrnehmungen stützen. Nicht die Wirklichkeit zu begreifen, sondern die zerstreuten Thatsachen der Erfahrung zusammenzufassen, war der Zweck ihrer Systeme. Nur zu erklären suchte man, und wenn die einfachen Erklärungen nicht ausreichten, so mußte man, wie einer der denkendsten Astronomen des Altertums, Claudius Ptolemäus, sagt, andre mögliche Voraussetzungen wählen und sich begnügen, wenn sich die Erscheinungen dadurch erklären ließen. Man kann sich denken, welche verwickelte Gestalt ein System bei solchen Grundsätzen bisweilen erlangen konnte, und man wird es dem König Alfons von Kastilien nicht verargen, wenn er kopfschüttelnd ausrief: „Hätte Gott mich bei seiner Schöpfung zu Rate gezogen, ich hätte der Welt eine bessere Ordnung gegeben!“ Ich will den Leser nicht mit der Aufzählung aller der verschiedenen Vorstellungen ermüden, die man sich in der Vorzeit von der Ordnung der Welt gebildet hat, sondern ihm nur ein Gesamtbild von der herrschenden Anschauung zu entwerfen suchen, die noch bis in das 16. Jahrhundert unsrer Zeitrechnung hinaufreicht.

Es waren außer unsrer Erde bekanntlich nur sieben Weltkörper unsres Sonnensystems, von denen die Alten eine Kunde hatten, und von diesen galten wenigstens in früherer Zeit nur fünf als eigentliche Planeten. Sonne und Mond wurden wegen ihrer scheinbaren Größe, wegen ihrer auffallenden Beziehungen zum Erdenleben, und was damit zusammenhängt, wegen ihrer mythisch-religiösen Bedeutsamkeit streng von den Planeten getrennt gehalten. Der Ursprung der Planetennamen reicht in unbekannte Zeitfernen hinauf; die Planetenzeichen dagegen gehören erst der Astrologie des Mittelalters an, reichen in ihrer heutigen Form sogar nicht über das 15. Jahrhundert hinaus. Die Erde bildet den Mittelpunkt der Welt. Vereinzelte ahnungsvolle Anschauungen eines Philolaus, eines Aristarch, welche der Erde einen Kreislauf um die Sonne zuschrieben, vermochten nicht dem Vorurteile der Menge gegenüber sich Geltung zu verschaffen und verloren sich spurlos in dem Dunkel der folgenden Zeiten. Auch jene später auftauchende Meinung über den Weltbau, welche fälschlich den Ägyptern zugeschrieben wird, und nach welcher die unteren Planeten, Merkur und Venus, als Satelliten der selbst um die Erde kreisenden Sonne aufgefaßt wurden, bildet nur ein vereinzelt gebliebenes Zeugnis für die glücklichern Versuche jener Zeit, die Erscheinungen des Himmels zu deuten.

Die herrschende Ansicht des Volkes von der Ordnung der Gestirne findet ihren Ausdruck in dem System des Aristoteles, wie es durch die bewunderungswürdigen Forschungen Hipparchs und die kühnen, aber geistvollen Konstruktionen des Claudius Ptolemäus erweitert und ausgebaut, unter den Schutz der christlichen Kirche des Mittelalters aufgenommen, bis in das 16. Jahrhundert eine fast einzig dastehende Gewalt über die Geister ausgeübt hat. Die Erde ruhend im Mittelpunkte des All, um sie die Planeten an kristallnen Himmelssphären sich bewegend, zunächst der Mond, dann der Merkur, die Venus, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn, endlich die Fixsternsphäre und das Ganze umschließend die äußerste Sphäre des ersten Bewegers, der Urkraft der himmlischen Bewegungen — das sind die Grundzüge des aristotelisch-ptolemäischen Systems.

Das ägyptische Weltsystem.

Wir dürfen uns die Aufstellung eines solchen Systems keineswegs zu leicht vorstellen. Zunächst hatte man ja nichts als den sinnlichen Schein; Beobachtungen brachten nur Schwierigkeiten statt Aufhellungen. Da gab es mancherlei Bewegungen, die in Einklang gebracht werden sollten. Einmal war es die tägliche Bewegung des Himmels von Ost nach West, die mit einer andern eigentümlichen und langsamen Bewegung in Übereinstimmung zu bringen war, welche die Sterne in einer Periode von 25 000 Jahren von West nach Ost um die Pole der Ekliptik führt. Dann mußte gleichzeitig eine dritte Bewegung berücksichtigt werden, welche die Sterne alljährlich von Ost nach West, also in entgegengesetzter Richtung um die Pole der Ekliptik führt. Endlich waren die jährliche und tägliche Bewegung der Sonne miteinander in Einklang zu bringen, die gleichfalls entgegengesetzt gerichtet sind. Dazu kam noch der eigentümliche Lauf, den jeder einzelne Planet verfolgt. Gewiß erforderte es keinen geringen Aufwand von Scharfsinn, einen

Himmelsmechanismus zu erdenken, der allem diesem gleiche Berücksichtigung angedeihen ließ. Man nahm nun verschiedene feste Kristallhimmel an, die sich übereinander bewegten und einander die von dem ersten Beweger erhaltene Bewegung mitteilten, während an ihnen selbst wieder die Planeten ihre besondern Wege gehen konnten. Jene Himmelssphären mußten fest sein, weil sie sonst keinen Einfluß auf einander hätten ausüben, die tägliche Bewegung nicht gemeinsam hätten ausführen können. Sie mußten vom reinsten Kristall sein, da sonst das Licht der Sterne sie nicht hätte durchdringen können. Als die Beobachtung fortschritt, genügten nicht einmal mehr die sieben oder acht ursprünglich angenommenen Kristallsphären. Schon Ptolemäus mußte die Zahl der Himmelskreise vermehren, mußte den eigentlichen Bahnen der Planeten andre Kreise anweisen, deren ideale Mittelpunkte nur sich in den alten Sphären bewegten. Jede neue Bewegung, die man beobachtete, zwang zur Einführung neuer Kreise, und kaum glaubte man seine Sphären vollendet, so fand sich eine neue Abweichung, und um sie zu erklären, mußte man an eine Ausbesserung, eine Vervielfältigung des Mechanismus denken. Die Zahl der Himmelskreise stieg allmählich auf einige siebzig. Man kann sich denken, daß diese künstliche Himmelsmaschinerie von Sphären und Epizykeln, von konzentrischen und exzentrischen Kreisen nicht geeignet war, das Rätsel der Himmelsbewegungen zu lösen; aller Aufwand menschlichen Scharfsinns schien hier vergeblich.

Man wird fragen, wie es überhaupt möglich war, sich Bewegungen zu denken, die jenen Epizykeln mitten durch die dicken Kristallschalen hindurch erteilt werden mußten. Aber nach der Weise der damaligen Zeit wußte man sich aus mancher Schwierigkeit herauszuwickeln. Man dachte sich z. B. Furchen an jenen Sphären gezogen, durch welche die Mittelpunkte der Epizykeln geräuschlos und ohne Reibung hinglitten. Wenn man aber auch manches, freilich nicht im modernen Geschmack, zu erklären vermochte, so blieben doch immer noch Rätsel genug übrig. Namentlich waren es Merkur und Venus, die bald unüberwindliche Schwierigkeiten darboten. Die Ungleichheiten ihrer Geschwindigkeit, ihre Rückläufe und Stillstände, namentlich ihre verschiednen scheinbaren Größen fanden in diesem Systeme keine Lösung.

Leider hat dieses ptolemäische System, getragen durch die Autorität der aristotelischen Philosophie, mit der man es in Zusammenhang zu bringen wußte, fast anderthalb Jahrtausende hindurch sich in einer wahren Heiligkeit erhalten, und theologische Schriftsteller haben noch ein volles Jahrhundert nach der Reformation jeden Angriff auf dieses System wie eine Anfeindung unsres kirchlichen Glaubens zurückgewiesen. Unter solchen sich selbst aufgelegten Fesseln hat die Wissenschaft hart gebüßt; die Wege der Beobachtung waren ihr verschlossen und dem Auge war es verwehrt, unbefangen die Erscheinungen der Natur selbst zu schauen. Der erste, der es wagte, das alte System zu stürzen, war Nikolaus Kopernikus, geboren zu Thorn am 19. Februar 1473, gestorben als Domherr zu Frauenburg gegen Mitte Mai 1543. Auf der Hochschule zu Krakau gebildet, durch Reisen in Italien im Verkehr mit den geistvollsten Forschern jener Zeit, erkannte er bald die Zerrissenheit der damaligen astronomischen Wissenschaft.

Keplers Denkmal zu Weil-die-Stadt.

Seine eignen Studien am Himmel lehrten ihn den Grund in den Mängeln der ptolemäischen Weltordnung finden. Da zerschlug er mit kühner Hand die Kristallsphären des Ptolemäus, zerriß dessen Epizykeln und hemmte den rasenden Wirbel des ersten Bewegers. Vor allem gebot er der Sonne Stillstand und befestigte sie in der Mitte des Alls; er störte die Erde aus ihrer Ruhe auf und schleuderte sie hinaus in die Wogen des Äthers, damit sie im Vereine mit den andern Planeten die Sonne umkreise. Es war eine kühne, aber gefahrvolle That. Die öffentliche Meinung stand ihr entgegen, die Kirche erblickte hierin eine Verletzung ihrer Tradition, und selbst die Gelehrten sträubten sich gewaltsam gegen eine solche das ganze Wissenschaftsgebäude erschütternde Neuerung. An einem der gelehrtesten und scharfsinnigsten Männer nach ihm, an Tycho Brahe, fand die Lehre des Kopernikus ihren gefährlichsten Gegner. Denn Tycho war selbst ein hochberühmter Astronom, ja als Beobachter von keinem seiner Zeitgenossen erreicht. Befangen in den Anschauungen seiner Zeit, nach welchen die Bewegung der Erde sich nicht mit den Worten der Bibel vereinigen lasse, versuchte er abweichend von Kopernikus eine andre Anordnung des Weltsystems als wahrscheinlich aufzustellen. Aber das System des Tycho, durch welches der letzte Versuch gemacht wurde, der Erde ihre Ruhe zu erhalten, indem die Sonne mit dem gesamten Heer der Planeten sich um die ruhende Erde bewegen sollte, geriet noch bei Lebzeiten seines Begründers in Vergessenheit. Kopernikus hatte den Gedanken aus seinem Zauberschlaf erlöst; er ließ sich nicht mehr bannen.

Kopernikus war kaum 35 Jahr alt, als er sein unsterbliches Werk über die Umwälzungen der Himmelskörper schrieb. Aber erst nach mehr als 30 Jahren wagte er, gedrängt von seinen Freunden, es der Öffentlichkeit zu übergeben, und schon lag er auf dem Sterbebette, als er die ersten gedruckten Bogen seines Buches in den Händen hielt.

Die Einführung des kopernikanischen Systems bezeichnet einen eben so wichtigen Zeitabschnitt für die Geschichte der Wissenschaft, wie die Reformation für Staatsleben und Religion, und es ist keineswegs ein völlig gleichgültiger und zufälliger Umstand, daß an der Schwelle des 16. Jahrhunderts so zahlreiche welterschütternde Thaten zusammentreffen, das System des Kopernikus mit der Reformation, die Entdeckung Amerikas mit der Erfindung der Buchdruckerkunst. Ein neuer Geist strömte über die Geschichte aus, und das Zeitalter, das mit der That des Kopernikus beginnt, ließ hinter sich die träumerischen Spiele, in denen man sich die große wie die kleine Welt aufgebaut hatte, entwand sich dem Gängelbande der Autorität, um mit dem Ernste des Gedankens und in unbeschränkter Freiheit des Forschens die Wirklichkeit in ihrem Innersten zu ergründen. Thatsachen bildeten fortan den Grund aller Erkenntnis und das Gesetz in den Dingen, wurden der Mittelpunkt, um den sich alle Wissenschaft bewegt.

Das kopernikanische System war eben nur erst die Grundlage der neuen Wissenschaft des Himmels; es fehlte ihm aber noch jener innere Kern: das Gesetz als der geistige Ausdruck des ursächlichen Zusammenhanges der Erscheinungen. Die Grundzüge des kopernikanischen Systems sind oben flüchtig angedeutet.

Die tägliche Bewegung der Erde um ihre Achse, die jährliche Bewegung der vom Monde begleiteten Erde um die Sonne, endlich die Bewegung sämtlicher Planeten in der Reihenfolge, in welcher wir sie durchwandert haben, um die ruhende Sonne, das ist der kurze Inhalt jener Lehre. Die Form der Bahnen, in welcher sich die Erde und alle Planeten bewegen, war noch von Kopernikus als kreisförmig beibehalten worden; hatte doch die Kreislinie fast zwei Jahrtausende hindurch als die vollkommenste aller Linien gegolten. Aber hier zeigten sich nun die ersten Schwierigkeiten des neuen Systems. Schon Kopernikus erkannte, daß die Ungleichheiten in der Bewegung der Planeten einer besondern Erklärung bedurften, und er glaubte sie in der Annahme exzentrischer Kreise zu finden. Er setzte die Sonne also nicht genau in den Mittelpunkt der Planetenkreise. Aber die Beobachtung schritt fort, die Mittel der Beobachtung vermehrten und verfeinerten sich. Neue Thatsachen wurden aufgedeckt, die in Widerspruch mit den bisherigen Annahmen traten. Man fand, daß die Geschwindigkeit der himmlischen Bewegungen überhaupt keine völlig gleichförmige sei, wie sie es doch bei der Annahme einer Kreisbewegung nach den Grundsätzen der Mechanik sein mußte. Da war es Zeit, dem Himmel seine Gesetze zu geben, und der große Gesetzgeber des Himmels war Kepler. Dieser Mann gehört zu den glücklichsten und dennoch unglücklichsten Menschen aller Zeiten: glücklich, indem es ihm gegeben war, die Gesetze des Himmels zu enträtseln, und unglücklich, da er in der Zeit der tiefsten Erniedrigung Deutschlands, mit Not und Gefahren kämpfend, seines Daseins Kreise durchlaufen mußte. Johannes Kepler wurde geboren am 27. Dezember 1571 zu Weil (die Stadt) im Strohgäu (Württemberg), als Erstling einer unglücklichen Ehe. Die Sorge wachte an seiner Wiege und begleitete ihn auf die Klosterschule zu Maulbronn, wo er unter Beschwerden und Entbehrungen aller Art Theologie studierte. Dort weihte Mäßlin den jungen Mann zuerst in die Lehren des Kopernikus ein, aber im Geheimen, aus Furcht vor der Wut der protestantischen Zeloten. Im Jahre 1593 kam Kepler nach Graz als Lehrer der Mathematik, da die Tübinger Professoren ihn längst als untauglich zum Mitarbeiter im Weinberge der württembergischen Kirche erklärt hatten. Doch schon 1598 brach in Graz die Verfolgung

Das ptolemäische Weltsystem.

der steyrischen Protestanten aus, und er mußte, trotz der Unterstützung der Jesuiten, die weit toleranter waren als der in Abgeschmacktheiten verkommene Geistespöbel zu Tübingen, das Land verlassen. Also wandte sich Kepler nach Prag und ward Mitarbeiter von Tycho, sowie nach dessen Tode sein Nachfolger. Es war ein glänzendes Elend, in welches er hier geriet; weder der Kaiser Rudolf II. noch Matthias konnten den Gehalt ihres Hofastronomen erschwingen. Im Jahre 1612 verließ er endlich seine Stellung in Prag und ging nach Linz an der Donau, wo er einige ruhige Jahre durchlebte. Da traf ihn die Nachricht, daß seine alte Mutter, das „Kätherchen von Leonberg", als Hexe in Haft genommen sei. Nachdem er Weib und Kind aus dem vom Kriege umtobten Linz in Regensburg untergebracht, eilte er auf den Flügeln der Sorge für die alte Mutter nach Württemberg. Es gelang ihm mit vieler Mühe die Akten vor die Fakultät in Tübingen zu bringen, und diese entschied endlich, wahrscheinlich in ihrem juristischen Verstande durch den mit Kepler befreundeten herzoglichen Vizekanzler Sebastian Faber etwas erleuchtet, man sollte die alte Frau Kepler „von der Klage absolvieren". Froh kehrte der große Himmelsforscher über Regensburg nach Linz zurück, mußte aber, da der Protestantismus in Österreich ausgerottet werden sollte, nach Prag und von dort nach Regensburg ziehen. Vom Kaiser, der seine Gehaltsrückstände nicht bezahlen konnte, an Wallenstein verwiesen, trat Kepler in die Dienste des Friedländers und ließ sich 1628 zu Sagan nieder. Aber der berühmte Söldnerführer suchte einen Astrologen, keinen Astronomen. Es war um die Zeit, als Wallenstein auf Betreiben der Kurfürsten abgesetzt wurde, und unter diesen Umständen fiel es dem Herzoge von Friedland nicht im entferntesten ein, Kepler die versprochene Zahlung zu leisten. Also wandte sich dieser wiederum an den Kaiser und unternahm allein, zu Pferde, die damals gefährliche Reise von Sagan nach Regensburg. Auf dem Wege litt er viel von ungünstigem Wetter, und in Regensburg angelangt, verfiel er in ein heftiges Fieber. Am 15. November 1640 erlag Kepler, wohl mehr den Bemühungen der ärztlichen Kunst als dem Fieber, fern von den Seinen und ward auf dem protestantischen Kirchhofe begraben. Kepler gehört zu den spekulativsten Forschern aller Zeiten; 73 Jahre nach dem Tode des Kopernikus (um 1616) stellte er seine drei unsterblichen Gesetze auf, durch welche über die Gestalt der Bahnen, die Geschwindigkeit der Bewegungen und die Beziehungen zwischen Abständen und Umlaufszeiten der Planeten eine unzweifelhafte Entscheidung gegeben ward. Die Planeten bewegen sich sämtlich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht — so lautet das erste Gesetz. Der Brennstrahl oder der Radius vector, d. h. die von der Sonne zu einem Planeten gezogene Linie, durchläuft in gleichen Zeiten immer gleiche Flächenräume oder Ausschnitte — das ist das zweite wichtige Gesetz, durch welches der Astronom in den Stand gesetzt wird, den Ort jedes Planeten in seiner Bahn für jede gegebene Zeit durch Rechnung zu bestimmen. Die Quadratzahlen der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne — das ist endlich das dritte Gesetz, durch welches eine Wechselbeziehung der einzelnen Planeten zu einander festgestellt und der auffallenden Thatsache ein Ausdruck gegeben wird.

daß die Geschwindigkeiten der einzelnen Planeten in ihrer Bahnbewegung keineswegs gleich sind, sondern mit der Entfernung von dem Zentralkörper verlangsamen. Wir wissen, von welcher Wichtigkeit dieses Gesetz für die Raumverhältnisse unsres Planetensystems geworden ist, da es dem Astronomen die Mittel gewährt, aus den leicht zu beobachtenden Umlaufszeiten der Planeten auf ihre Abstände von der Sonne zu schließen und diese endlich auf ein gemeinsames Maß, als das wir den Abstand der Erde von der Sonne kennen gelernt haben, zurückzuführen.

Kopernikus hat die festen Kristallhimmel zertrümmert und die Welten hinausgeschleudert in den leeren Raum. Kepler hatte jetzt diesen Welten Gesetze gegeben. Aber die Kraft, welche die Welten trägt, welche sie in ihren Bahnen hält und mit ihren Zentralkörpern verknüpft, war noch unbekannt; den Gesetzen Keplers fehlte noch die Seele. Denn der Geist eines Gesetzes ist seine Allgemeinheit. Erst als der Ausfluß einer ewigen, alles durchdringenden Kraft hat es seine sichere Gewähr. Newton war es, der den Gesetzen des Himmels das Siegel der Ewigkeit aufdrückte, der jener geheimnisvollen Urkraft, aus der sie geflossen, einen Namen gab, und indem er sie zu einem allgemeinen Weltgesetz erhob, Himmel und Erde miteinander erst wahrhaft verknüpfte. Es war 70 Jahre nach der Entdeckung der Keplerschen Gesetze, als Newton sein Gravitationsgesetz aufstellte. Isaak Newton war geboren am 25. Dezember 1642 zu Woolsthorpe bei Grantham in Lincolnshire. Als Knabe zeigte er keine besondere Befähigung, und nichts verriet den großen Geist, dessen Name das Andenken an die berühmtesten politischen und militärischen Merkwürdigkeiten der ganzen Welt überdauern wird. Der Absicht seiner Mutter zufolge sollte er sich der Landwirtschaft widmen, aber dazu zeigte er wenig Lust. Die Bemühungen eines Verwandten setzten ihn endlich in den Stand, die Universität Cambridge zu beziehen, wo er vorzugsweise Mathematik studierte und schon vor 1665 auf die Prinzipien der höhern Analysis kam. In jenem Jahre brach in Cambridge die Pest aus, und Newton verließ die Stadt, um sich nach seinem Geburtsorte zurückzuziehen. Hier begann er zuerst über die Ursache des Fallens der Körper nachzudenken und eine Kraft der allgemeinen Anziehung anzunehmen. Doch vermochte er auf dem Wege der Rechnung deren Existenz nicht nachzuweisen, weil er nicht die richtigen Maßverhältnisse der Erde kannte. Im

Das Kopernikanische Weltsystem.

Jahre 1669 wurde Newton Professor der Mathematik zu Cambridge und veröffentlichte zwei Jahre später seine Untersuchungen über das Sonnenlicht. Erst 1682 nahm er seine frühern Rechnungen über die Anziehung wieder auf, da inzwischen durch Picard die Größe der Erde ziemlich genau bekannt geworden war. Fünf Jahre später erschien sein unsterbliches Werk: „Philosophiae naturalis principia mathematica“, ein Buch, das damals nur von einzelnen verstanden werden konnte und welches die Grundzüge der modernen Astronomie, gestützt auf das Gesetz der Anziehung enthält. Newton starb am 31. März 1727, und mit Recht sagt seine Grabschrift: „Die Sterblichen mögen sich Glück wünschen, daß eine solche Zierde des menschlichen Geschlechtes gelebt hat.“ Gehen wir nun auf das Newtonsche Gravitationsgesetz näher ein. Jeder Körper, lautet dieses Gesetz, übt auf jeden andern eine anziehende Kraft aus, deren Größe sich direkt verhält wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt wie das Quadrat seines Abstandes. Die Planeten fallen zur Sonne gleich dem fallenden Stein oder dem schwebenden Pendel, von derselben Schwere gezogen. Das gleiche Gesetz leitet den geworfenen Stein zur Erde, wie den kreisenden Planeten um die Sonne: das ist der bedeutungsvolle Sinn dieses einfachen Gesetzes, das dem Astronomen gleichsam den Himmelsschlüssel überliefert und ihm das Recht gegeben hat, seine irdische Wissenschaft in die endlosen Tiefen des Raumes hinauszutragen. Die Fremde beginnt erst, wo dies Gesetz seine Kraft verliert.

Kein Gesetz hat je so gewaltige Umwälzungen hervorgerufen und doch eine solche Sicherheit der Verhältnisse geschaffen, als das Gravitationsgesetz Newtons. Kopernikus hatte doch nur die Erde aus ihrer Ruhe gestört, Newton hat auch die gewaltige Sonne entthront. Sie ist seitdem nicht mehr die schrankenlose Herrscherin, welche gleichsam an Fäden die untergeordneten Welten um sich herumführt. Auch die Sonne ist dem gemeinsamen Gesetz unterworfen, auch sie wird gezogen; denn alle Anziehung ist gegenseitig. Nicht die Sonne ist es, sondern nur der gemeinsame Schwerpunkt, um den die Körper des Systems kreisen. Allerdings ist die Masse der Sonne eine so überwiegende gegenüber der Gesamtmasse der planetarischen Körper, daß sie mit diesem Schwerpunkte nahe zusammenfällt. Aber immerhin wird sie nur dadurch Herrscherin ihres Systems, daß sie diesen Schwerpunkt in sich trägt. Ja sie trägt ihn nicht einmal immer in sich; zuweilen liegt er sogar außerhalb des Sonnenkörpers, und wie jeder Planet, beschreibt der Mittelpunkt der Sonne eine kleine elliptische Bahn um diesen Schwerpunkt, die gleichsam ein verkleinertes Abbild der großen Ellipsen ist, in denen die Planeten die Sonne umkreisen.

Aber ich sagte, auch die Sicherheit unsrer planetarischen Ordnung sei durch jenes Gesetz erhöht worden. Und in der That, gerade die scheinbaren Abweichungen von der allgemeinen Erscheinungsform, gerade die sogenannten Störungen sind die sichersten Zeugnisse der Gesetzlichkeit geworden. Welch ein Gegensatz gegen die Wissenschaft des Altertums! Dort eine zum Erschrecken anwachsende Verwickelung der Theorie, hier eine Einfachheit, welche selbst die wirkliche Verwickelung der Erscheinungen harmonisch auflöst. Da die Anziehung sämtlicher Weltkörper eine

gegenseitige ist, so ist auch kein einziger Körper unsres Sonnensystems den Wirkungen der Sonne allein ausgesetzt. Alle Planeten, ja alle Weltkörper unsres Systems wirken zugleich nach Maßgabe ihrer Masse und Entfernung wechselseitig aufeinander ein, und diese Einwirkungen bringen in dem Laufe der Himmelskörper, in der Gestalt, Größe und Lage der Bahnen Ungleichheiten und Veränderungen hervor, die nicht immer ganz unerheblich sind. Man bezeichnet diese Veränderungen mit dem Namen von Störungen — nicht als ob hier an wirkliche Störungen in der Ordnung der Natur, an ein Heraustreten der Erscheinungen aus dem Bann des Gesetzes zu denken wäre — es sind nur Störungen in der Bequemlichkeit der Rechnung, Einmischungen kleiner Wirkungen in die einfachen großen Verhältnisse, die zwischen einem Zentralkörper und seinen Trabanten bestehen. Sind einmal die wirkenden Kräfte gegeneinander abgewogen und die Gesetze ihres Wirkens festgestellt, so fallen auch die sogenannten Störungen in den Bereich der Rechnung, und die scheinbare Verwirrung gestaltet sich zu harmonischer Ordnung. So ist es einem Laplace möglich geworden, eine Mechanik des Himmels zu schaffen, und Männer wie Bessel, Gauß, Leverrier, haben dieser Wissenschaft eine Ausdehnung und eine Schärfe und Bestimmtheit gegeben, daß es nicht mehr Staunen erregen darf, wenn der heutige Astronom die Örter angibt, welche die Planeten vor Jahrtausenden eingenommen haben, oder die Zeiten verkündigt, in welchen sie nach Jahrhunderten eine gewisse Stellung einnehmen werden.

Ich habe schon einmal zu dem Leser von diesen Störungen gesprochen und darauf aufmerksam gemacht, daß sich im wesentlichen zwei Arten von Störungen unterscheiden lassen, die einen, welche sich auf die Örter eines Planeten in seiner Bahn, die andern, die sich auf die ganze Bahn überhaupt beziehen. Man bezeichnet jene als periodische Störungen, weil sie innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeiträume eingeschlossen sind, diese als säkulare, weil sie die ganzen Bahnen der Planeten nur sehr langsam und meist nach Jahrhunderten ändern.

Die periodischen Störungen hängen natürlich von den jeweiligen Standorten ab, welche die Planeten in ihrer Bahn einnehmen, und kehren wieder, so oft die Planeten in dieselbe Stellung gegeneinander zurückkehren. Die Änderungen, welche dadurch im Laufe der Planeten hervorgebracht werden, sind zwar im allgemeinen nur klein, aber sehr mannigfaltiger Art. Bald wird eine elliptische Bahn mehr gekrümmt oder mehr in die Länge gezogen; bald wird die Bewegung eines Planeten beschleunigt, bald gehemmt; bald wird er näher zur Sonne gezogen, bald von ihr abgelenkt, und selbst die Ebene seiner Bahn gerät ins Wanken. Dazu kommt noch die Verrückung, welche die Lage der Erdbahn selbst oder die Stellung der Erde in ihr durch den Einfluß der andern Planeten erleidet, und welche wieder eine Rückwirkung auf die scheinbaren Örter der Planeten ausübt. Die Größe dieser störenden Wirkungen ist abhängig von der Entfernung. Die äußersten Körper unsres Systems vermögen einen merklichen Einfluß auf die der Sonne benachbarten Planeten zu äußern, und die Wirkung der sonnennahen Planeten verschmilzt wieder mit der übermächtigen Einwirkung der Sonne. Die größten Störungen im ganzen System gehen darum vom Jupiter aus, schon deshalb, weil

seine Bahn in die Mitte zwischen die übrigen Planetenbahnen gelegt ist, aber noch mehr seiner überwiegenden Masse wegen. Ja diese Störungen würden sogar eine dem Bestehen des Ganzen gefährliche Höhe erreichen können, wenn ihnen nicht als Gegengewicht die Einflüsse des Saturn entgegengesetzt wären. Der Saturn, dem Jupiter an Masse fast gleich, hat eine so eigentümliche Stellung im Systeme, daß er niemals seine Kraft mit der des Jupiter vereinigen kann, daß er ihm vielmehr stets mehr oder minder entgegenwirkt und seine Störungen um fast $^{19}/_{20}$ ihres Wertes verringert.

Um so bedeutender werden wir uns die gegenseitigen Einwirkungen dieser beiden in so unmittelbare Nachbarschaft zu einander gestellten Riesenwelten unsres Systems vorstellen, und in der That sind ihre Störungen eine Zeitlang die Quelle sehr ernster Besorgnisse gewesen. Schon zu Anfang des 17. Jahrhunderts hatte man die Bemerkung gemacht, daß die Bahn des Jupiter sich beständig erweitere, daß dieser Planet sich in einer Art von Spiralbewegung um die Sonne immer weiter von ihr entferne und dabei immer langsamer fortschreite. Ganz das Gegenteil beobachtete man am Saturn; seine Bahn schien sich zu verengern, seine Geschwindigkeit zu vergrößern. Fand sich keine Grenze für diese rätselhafte Bewegung, so mußte sie zu einer Annäherung, endlich zu einem Zusammenstoß beider Planeten führen. Laplace löste dies Bedenken erregende Rätsel. Er zeigte durch die Rechnung, daß die gegenseitige Annäherung beider Weltkörper nur eine periodische sei und schon nach anderthalb Jahrhunderten in das Gegenteil umschlagen werde, daß die ganze Periode dieser seltsamen Störung nahe an 900 Jahr dauere, und daß das Anwachsen der Exzentriziäten der einen Bahn immer gleichzeitig mit der Verminderung der Exzentrizität der andern vor sich gehe, aber auch gleichzeitig eine Grenze finde.

In weit größeren Perioden noch bewegen sich die säkularen Störungen, welche die Bahnen der Planeten, namentlich die Neigungswinkel und die Durchschnittspunkte der Bahnebenen, die Lage der Perihelien und Aphelien und sogar die Exzentrizität der Bahn betreffen. Ich habe bereits auf einige der wichtigsten dieser Störungen aufmerksam gemacht, auf das Vorrücken der Nachtgleichen, das Fortrücken der Perihelien in der Bahn, die periodischen Änderungen in der Schiefe der Ekliptik. Das Vorrücken der Nachtgleichen, durch welches, wie wir wissen, selbst unsre Himmelspole verschoben werden, vollendet sich in einer Periode von 25600 Jahren, die man gewöhnlich als das große oder platonische Weltjahr bezeichnet. Das Perihelium unsrer Erdbahn gebraucht, um die ganze Bahn zu durchlaufen, eine Zeit von mehr als 100 000 Jahren, und bei weiter entfernten Planeten umfaßt die Periode dieser Bewegung noch ungleich längere Zeiträume. Die Periode, in welcher sich die Ab- und Zunahme der Schiefe der Ekliptik vollzieht, beträgt bei unsrer Erde 990 000 Jahre. Nur die Nutation oder das Wanken der Erdachse, eine dem Vorrücken der Nachtgleichen ähnliche, aber vom Monde allein bewirkte Erscheinung, vollendet ihren Kreislauf in der kurzen Periode von 18 Jahren 219 Tagen.

Von allen Bahnelementen eines Planeten bleibt ein einziges unberührt von

störenden Einflüssen: die große Achse seiner Bahn oder seine mittlere Entfernung von der Sonne und, was damit innig zusammenhängt, die Umlaufszeit des Planeten. Dieser Umstand ist von der höchsten Wichtigkeit für die Stabilität unsres Systems. Die Mechanik weist nach, daß eine Änderung, welche die große Achse einer Bahn erlitte, wenn sie ursprünglich noch so unbedeutend wäre, doch dadurch gefährlich werden müßte, daß sie niemals zwischen bestimmten unabänderlichen Grenzen ab- und zunehmen könnte, sondern stetig in gleichem Sinne fortschreiten und so mit der Zeit sich anhäufen würde. Die Folge einer solchen Änderung wäre also unentrinnbares Verderben. Der Planet würde sich entweder fort und fort der Sonne nähern, oder stets weiter von ihr entfernen, also entweder unaufhaltsam in die Sonne stürzen oder sich in den endlosen Raum verlieren. Dem französischen Mathematiker Lagrange gebührt das Verdienst, diese Besorgnis für immer entfernt zu haben. Ich kann hier mit wenigen Worten das wichtige Resultat seiner Forschung bezeichnen. So oft man in die Gleichung, welche der allgemeine Ausdruck der Säkularstörungen ist, denen die große Achse irgend einer Planetenbahn unterliegt, diejenigen Zahlen einsetzt, welche den einzelnen Planeten entsprechen, so heben sich stets sämmtliche Glieder der Gleichung auf. Mit andern Worten: die große Achse einer Planetenbahn erleidet durch den Einfluß der übrigen Planeten nicht die geringste Änderung, sie ist unter allen Elementen das einzige Unveränderliche.

Das „Problem der drei Körper“, d. h. die Bestimmung des Laufes eines Weltkörpers unter dem Einflusse seines Zentralkörpers und eines dritten störenden Körpers, ist das schwierigste der neuern Astronomie. In seiner Allgemeinheit hat es seine Lösung noch nicht gefunden. Für unser Sonnensystem bedarf es auch einer strengen Lösung nicht, da die Anziehungen der Planetenmassen zu gering sind gegenüber der gewaltigen Sonnenmasse, um bedeutende Wirkungen hervorzubringen. Daß dieses der Fall, ist für unsre rechnenden Astronomen übrigens ein wahres Glück, denn wenn im Sonnensystem auch nur drei Körper von ziemlich gleich großen Massen, jede etwa der Sonnenmasse gleich, vorhanden wären, so dürften unsre Berechner nur gleich die Arbeit einstellen, es wäre, mit allen Vorherbestimmungen himmlischer Erscheinungen zu Ende. Deshalb durfte der große Mathematiker Lagrange mit Recht sagen: „Es scheint, als wenn die Natur die Bahnen der Himmelskörper mit Vorbedacht so eingerichtet hätte, damit wir in der Lage sind sie berechnen zu können.“ Wie weit aber gleichwohl die Macht der Rechnungen reicht, das hat Leverriers Entdeckung bewiesen. Trotz aller Unvollkommenheit der Theorie, trotz aller Kleinheit der Veränderungen ward hier aus den Störungen ein Schluß gezogen auf den störenden Körper, ward durch die Störungen ein unbekannter Welkörper ans Licht gefördert.

Aber es war noch ein besonderer Gedanke, welcher bei der Lösung dieses Problems die meisten Astronomen beschäftigte, die Wiederherstellung der durch die Störungen anscheinend gefährdeten Sicherheit unsres Systems. Abweichung der Planeten von den geregelten Bahnen müssen, wenn sie im Laufe der Jahrtausende anwachsen, die Dauer unsrer Weltordnung in Frage stellen. Aber bisher

ist keine Störung aufgefunden worden, die beträchtlich genug wäre, Besorgnis zu erregen, keine, die sich nicht im Laufe der Zeit selbst vernichtete. Die Ursache davon liegt außer in dem gewaltigen Übergewicht der Sonnenmasse, wie der Masse jedes Zentralkörpers in unserm System überhaupt, über die Massen der Planeten oder Trabanten, in eigentümlichen, zum Teil noch nicht hinlänglich erkannten oder doch begründeten Umständen. Einer der wichtigsten unter diesen ist die Thatsache, daß die Umlaufszeiten sämtlicher Planetenbahnen unter sich inkommensurabel sind, d. h. daß sie niemals genau im Verhältnis ganzer Zahlen zu einander stehen. Hierin liegt die wesentliche Bedingung für den periodischen Charakter sämtlicher Störungen. Gäbe es Planeten mit Umlaufszeiten, die sich wie ganze Zahlen verhielten, so wäre eine endlose Anhäufung der Störungen und eine endliche Vernichtung der bestehenden Ordnung die Folge. Ein andrer Umstand, der allerdings als ein ziemlich zufälliger erscheint, aber gleichwohl einen nicht unwesentlichen Anteil an der Stabilität des Ganzen haben dürfte, ist der, daß die größte Exzentrizität der Bahnen meist mit den kleinsten Massen der Weltkörper zusammentrifft. Den Beweis dafür liefert der Merkur, noch auffallender die Schar der Planetoiden. Dieser Umstand wird von besondrer Bedeutung bei den Kometen. Besäßen diese Massen wie unsre Planeten, so würden sie, zumal sie in so großer Zahl die Sonne nach allen Richtungen umschwärmen, bei dem gewaltigen Kontraste ihrer Abstände unfehlbar Störungen von so bedeutender Größe veranlassen, daß sie die Ordnung des Ganzen auflösen müßten. Aber gerade die Kometen sind so massenarm, daß sie nur Störungen erleiden, nicht ausüben können. Bewegte sich der größte unsrer Planeten, der Jupiter, auch nur in einer Bahn, die so exzentrisch wäre wie etwa die Pallasbahn, so würde seine gewaltige Anziehung hinreichen, die Erde aus ihrer Bahn zu reißen. Aber gerade die gefährlichen Riesenplaneten besitzen die kreisähnlichsten aller Bahnen.

So können wir also den Bestand unsres Planetensystems unbedenklich für gesichert halten und brauchen wenigstens von dem Gesetze, das die Welten führt, keine Gefahr eines Umsturzes der Dinge besorgen. Freilich möchte ich das Wort „ewig“ hier nicht gern in den Mund nehmen, obgleich ich sehr gut weiß, daß manche verdiente Astronomen sich desselben bedienten, wo sie von der durch die Rechnung nachgewiesenen Stabilität des Planetensystems sprachen. Meiner Meinung nach kann die Rechnung indessen keine Gewähr für eine wirklich unbegrenzte Dauer der gegenwärtigen Anordnung der planetarischen Welt leisten, vielmehr gilt hier vor allem das Wort des Dichters: „alles was entsteht ist wert, daß es zu Grunde geht“. Unendlichkeit in Zeit wie im Raume sind für den menschlichen Verstand transcendente Begriffe und niemand darf sich unterfangen mit seinen Untersuchungen die Ewigkeit umspannen zu wollen!

Wir haben die Verfassung unsres großen Weltreiches kennen gelernt, wir werden nun auch begierig sein, seine Geschichte zu hören. Wir haben die Einheit und den innern Zusammenhang des Ganzen durch das Gesetz verbürgt gefunden, wir werden diese Einheit nun auch völlig gesichert und aufgeklärt wissen wollen durch eine Gemeinsamkeit des historischen Ursprunges. Aber eine Geschichte unsers

Planetensystems — in welche unendliche Vorzeit führt sie unsre Gedanken zurück! Die Thatsachen schwinden, denn keine Wissenschaft legt Zeugnis dafür ab. Nur die Ahnung sucht das Dunkel zu durchdringen. In den bestehenden Verhältnissen des Weltgebäudes sucht sie die Verzweigungen, welche rückwärts in die Vergangenheit leiten, und indem sie diesen folgt, wagt sie es, die Keime des Werdens zu ergründen. Es ist ein angeborener Drang des Menschen, dem Ursprunge der Dinge nachzuforschen, und in mehr als hundert Systemen hat sich dieser Drang bereits Luft gemacht, ohne jedoch im allgemeinen dadurch erheblich zur Aufklärung oder gar zum Fortschritt der Wissenschaft beigetragen zu haben.

Unter allen Theorien über die Entstehung unsres Planetensystems verdient diejenige nur Beachtung, welche dem größten Philosophen des vorigen Jahrhunderts und dem unsterblichen Schöpfer der Mechanik des Himmels, nämlich Kant und Laplace, ihren Ursprung verdankt. Sie verdient diesen Vorzug schon darum, weil sie sich auf thatsächliche Verhältnisse der Planetenordnung stützt. Es wird dem Leser nicht entgangen sein, daß in unsrer planetarischen Welt Thatsachen bestehen, die ebenso, wie auf eine Gemeinsamkeit des Gesetzes, auch auf eine Gemeinsamkeit des Ursprunges hindeuten. Alle Planeten unsres Systems bewegen sich um die Sonne von Westen nach Osten, die Trabanten umkreisen ihren Hauptplaneten von Westen nach Osten, alle Rotation der Planeten um ihre Achse geschieht in derselben Richtung. Die Bahnen aller Planeten sind nahezu kreisförmig, ihre Neigungen gegen die Ebene der Ekliptik oder vielmehr des Sonnenäquators sind außerordentlich klein. Zu diesen Verhältnissen, die auf eine sämtliche Planeten umfassende gemeinsame Urkraft hindeuten, kommt eine andre Thatsache, die einen Schluß auf ihren ursprünglichen Zustand gestattet. Alle Planeten sind kugelförmig, und dies deutet auf einen flüssigen oder vielleicht sogar gasförmigen Anfangszustand derselben. Bei manchen Planeten ist eine meßbare Abplattung erkannt worden, und man hat dieselbe früher wohl auch als eine Folge des Umschwunges auf einen ursprünglich flüssigen Zustand dieser Weltkörper betrachtet; diese Folgerung ist jedoch, wie ich hier kurz bemerken will, nicht mehr zulässig, da W. Thomson jüngst gezeigt hat, daß unsre Erde sich infolge ihrer Rotation an den Polen abplatten würde, wenn sie selbst aus Stahl bestände.

Stellen wir uns jetzt nach der Laplaceschen Theorie den Urzustand unsres Planetensystems als ein großes, unentwickeltes, formloses Chaos vor. Sonne und Planeten bilden einen großen zusammenhangenden Gasball in einer Form, wie sie jede sich selbst überlassene Flüssigkeit annimmt, der Form des Tropfens. Alles Flüssige nämlich strebt die Kugelform anzunehmen; denn in ihr wirkt die Kraft des Zusammenhanges mit gleicher Stärke nach allen Richtungen, strebt jedes Teilchen nach allen Seiten hin sich mit allen übrigen zu verbinden, so daß so wenig Punkte als möglich entblößt werden, die Oberfläche also die möglichst kleinste wird. Hätte nun jene Gasmasse, vollkommen sich selbst überlassen, von keiner außer ihr liegenden Kraft gehindert, ihrer Naturneigung nachzugeben, im freien Weltraume geschwebt, so würde sie eine vollkommen genaue Kugel gebildet haben. Aber in dieses Chaos mußte Bewegung kommen, wenn es sich gestalten,

wenn es Welten gebären sollte. Eine solche Bewegung wird durch jene ferne Anziehungskraft gegeben, der noch heute, wie wir sehen werden, unser Sonnensystem durch die Räume des Himmels folgt. Dadurch wich natürlich die Form der Flüssigkeit von der Kugelgestalt ab; denn ihre Teile wurden nach der einen Seite hin stärker angezogen, die innere Kraft des Zusammenhanges ward nach dieser Richtung hin geschwächt. So entstand die Form des fallenden Tropfens, das Weltenei, über welchem die Mythologie den Gottesgeist gleich einem riesigen Vogel brütend schweben läßt.

Bildung des Planetensystems.

Aber noch zur Annahme einer zweiten Bewegung sind wir gezwungen, wenn aus jenem Gasballe die Gestalten unsres Sonnensystems hervorgehen sollen. Es ist eine Umdrehung des Gasballes um sich selbst, deren Überrest wir noch in der Rotation unsrer Sonne und in dem Kreislaufe der Planeten um die Sonne zu sehen haben. Bewegte sich aber jenes Weltenei um eine Achse, so mußte sofort jene zweite Abweichung von der Kugelform eintreten, die wir bei allen rotierenden Körpern unsres Sonnensystems bemerkt haben, die Abplattung an den Polen. Formen wir uns eine Kugel aus weichem Thon und setzen wir dieselbe auf einer Drehbank in Umschwung, so wird sie sich in der Richtung der Achse zusammenziehen, in der Richtung senkrecht auf die Achse aber mehr und mehr ausdehnen, je mehr die Schnelligkeit des Umschwunges zunimmt. Ist dann endlich diese Schwungkraft so weit angewachsen, daß sie die Kraft des Zusammenhanges der einzelnen Teilchen überwiegt, so werden diese zerreißen und auseinander fliegen. Das mußte auch das Schicksal jenes chaotischen Gasballes unsres Sonnensystems sein. Überstieg auch hier endlich die Schwungkraft, welche jeden Punkt so weit

als möglich von dem Schwerpunkte der ganzen Masse zu entfernen strebte, die Kraft des inneren Zusammenhanges, so mußte der Gasball zerreißen. Dieses Wachsen der Schwungkraft wurde aber notwendig herbeigeführt durch die allmähliche Zusammenziehung und Verdichtung des sich drehenden Körpers. Mit der abnehmenden Wärme mußte auch die Ausdehnung jenes Gasballes sich vermindern, seine Masse sich verdichten. Während also einerseits die entlegeneren Teile tiefer nach dem Mittelpunkte des Gasballes herabsanken, wuchs anderseits die Geschwindigkeit der Drehung, nahm die linsenförmige Abplattung des ganzen zu. Die Folge dieser gleichzeitigen, einander entgegengesetzten Veränderungen, der Ausdehnung durch den Umschwung einerseits und der Zusammenziehung durch das Erkalten anderseits, war eine Trennung der äußersten Gasschicht von der innern Masse. Die losgerissene Gasschicht konnte aber nicht die Form einer hohlen, den zurückgebliebenen Gaskörper wie eine Schale umschließenden Linse behalten, sondern mußte notwendig die Form eines Ringes annehmen; denn nur um die Mitte, um den Äquator der Gaskugel herum hatte die Schwungkraft eine so große Gewalt erreicht, daß sie den innern Zusammenhang überwältigte. Der schmale Gasring aber hatte zugleich von dem ursprünglichen Ganzen her eine ungeheure Schleuderkraft überkommen, die seine verhältnismäßig geringe Zusammenhangskraft leicht überwog. Er mußte also wieder zerreißen, und um so leichter, als er infolge jener fremden, von der Ferne des Weltraums ausgehenden Anziehung nicht genau die Form eines Kreises behaupten konnte, seine Teile also sich in verschiedener Spannung befinden mußten. Da wo die Spannung am größten, trat der Riß ein. Befreit von der zusammenhaltenden Kraft der benachbarten Teile, folgte der zerrissene Ring nur der Schleuderkraft. Aber die unteren Schichten des Ringes haben nicht die gleiche Geschwindigkeit der oberen, sie halten die voraneilenden auf, die folgenden Teile drängen nach, und der Ringstreifen krümmt sich einwärts, rollt sich gleich einem Faden zu einem Knäuel auf. So entstand ein neuer, um sich selbst rollender Gasball, der dann in einer dem frühern Ringe ähnlichen Bahn seinen Umlauf um den Zentralkörper fortsetzte.

Das Plateausche Experiment zum Nachweise der Abplattung eines flüssigen Körpers.

Umformung der flüssigen Masse in einen Ring beim Plateauschen Experimente.

Natürlich konnten sich solche Ringabsonderungen bei zunehmender Verdichtung und Schnelligkeit der Drehung mehrmals wiederholen. Auch in manchem der neu entstandenen Gasplaneten konnte sich jener Vorgang erneuern. Neue Ringe konnten sich von ihnen absondern, die dann entweder zerrissen und Monde oder Trabanten bildeten, oder fester zusammenhielten, späterhin erkalteten und als dauernde Ringe um ihren Hauptplaneten kreisten. Allerdings konnte ein solcher Ring immer nur eine Seltenheit bleiben, da er eine Regelmäßigkeit in dem Prozesse der Erkaltung und Erstarrung voraussetzt, wie sie gewiß nicht oft eintrat. Es wäre damit wohl begreiflich, daß die Natur uns bisher nur ein einziges Beispiel solcher Wundergestaltung in unserm Planetensystem gezeigt hat, das Ringsystem des Saturn.

Wir sehen, daß sich die Entstehung der planetarischen Welten unsres Systems recht gut aus dieser Laplaceschen Hypothese erklären läßt. Auch steht sie im allgemeinen wohl in Übereinstimmung mit den Grundsätzen der Mechanik. Ja es ist sogar dem französischen Physiker Plateau gelungen, im kleinen die einzelnen Erscheinungen dieser Planetenbildung an einer Ölkugel, die in einer Mischung von Wasser und Weingeist in eine schnelle Umdrehung versetzt ward, nachzuahmen. Gleichwohl ließen sich einzelne Einwürfe gegen die Hypothese erheben, die ihre Übereinstimmung mit der Wirklichkeit in Frage zu stellen schienen. Die größte Schwierigkeit dagegen boten lange Zeit hindurch die Kometen dar; allein nach den neueren Untersuchungen von Schiaparelli fügen sie sich ebenfalls dem Systeme ein. Ihre Stellung wird freilich dabei eine etwas andre, als man früher glaubte. Sie sind mit unsrer Sonne verwandt und gleichen Ursprunges; sie entstanden lange vor Bildung der planetarischen Welt aus dem großen Nebelballe, der die gemeinsame Mutter des Sonnensystems und möglicherweise auch noch andrer Körper ist.

Wir sehen, in welches Reich wir geraten sind. Es ist gut, daß es an den Grenzen unsrer Weltordnung geschehen ist, wo ein Blick auf ihre Gesetze, auf die Macht und Bestimmtheit der Zahlen, durch die sie beherrscht wird, uns der Gegenwart wiedergibt. Lassen wir die Vergangenheit hinter uns; die Nebel der Phantasie erfüllen sie mit neckenden Gestalten! Halten wir uns an die Gegenwart und das Bestehende! Das rufe ich uns zu in dem Augenblicke, wo wir hinausschweifen sollen in eine unbekannte endlose Fremde!

Die Heimat liegt hinter uns, die Sternenwelt öffnet sich. Neue wunderbare Erscheinungen erwarten uns, aber nicht neue Gesetze! Die Urkraft, welche die Welten unsres Planetensystems in Bewegung setzte, wir haben sie erkannt als eine heimische, als gleichen Wesens mit der Kraft, welche den fallenden Stein zur Erde zieht. Die Gesetze, nach welchen die festen Welten unsres Systems ihre Bahnen durchrollen, nach welchen sie gegenseitig eingreifen in ihren Lauf, es sind dieselben wohlbekannten Gesetze, welche die Mechanik aus irdischen Erscheinungen geschöpft hat. So wird ein Band uns hinübergeleiten auch in die fernsten Tiefen des Himmelsraumes, und wo der letzte Lichtstrahl der Heimat uns entschwindet, wird das Gesetz uns geistig mit ihr verknüpfen!

Drittes Buch.

Die Fixstern- und Nebelwelt.

Die neue Sternwarte zu Straßburg.

Erstes Kapitel.

Eine Sternennacht.

> Da soll nun Stern zum Sterne deutend winken,
> Ob dieses oder jenes wohlgethan;
> Dem Irrtum leuchten zur verworrnen Bahn
> Gestirne falsch, die noch so herrlich blinken.

Kein Mondlicht, kein Schimmer einer Dämmerung, selbst kein Wölkchen trübt das reine, sammtartige Dunkel des Himmelsgewölbes. Eine prachtvolle Sternlandschaft breitet sich über uns an diesem dunklen Grunde aus. Die Milchstraße fließt wie ein silberner Strom mitten durch diese Landschaft, und in ihr glänzen die Sternbilder des Antinous, des Schwans, der Kassiopeja, des Perseus und des Fuhrmanns. Tief in Südwesten funkelt der Fomalhaut des südlichen Fisches, weiter im Süden strahlen die Sterne des Walfisches und weiter hinauf die der Andromeda. Den westlichen Himmel schmücken der Adler und der Pegasus, den östlichen die schönste Zierde des Himmels, der Orion. Im Norden glänzen unter den Sternbildern der beiden Bären die Leier mit der strahlenden Wega, Herkules und die nördliche Krone. Solche Nächte mußten es sein, die in den Alten jene unnennbare Sehnsucht zum Himmel erweckten; denn der Fixsternhimmel in der Fülle seiner funkelnden Welten ist es noch heute, der in dem Kinde die erste und mächtigste sinnliche Anregung, die tiefste und nachhaltigste Bewunderung weckt.

Es geht dem Menschen, diesem Sternhimmel gegenüber, wie dem einsamen Bewohner eines engen, rings von Felswänden umschlossenen Thales, wenn ein Windstoß einmal fremde Blumen oder die Erzeugnisse einer unbekannten Kultur in sein Thal hinabwirbelt und ihn hinauslockt in das fremdartige Treiben des Jenseits. So rieselt ein Schauer von Licht aus den fernen Himmelsräumen auf den Erdenbewohner herab, und es bringt die Kunde unbekannter Welten zu ihm. Da ergreift ihn ein mächtiges Sehnen nach jener Ferne, und überall, wo an der Grenze beschränkten Wissens wie von einem Inselufer aus der Blick in die Weite schweift, gibt die Sehnsucht und der Glaube an das Wunderbare und Ungewöhnliche den luftigen Schöpfungen der Phantasie bestimmte Umrisse und verschmilzt sie unmerklich mit den Formen der Wirklichkeit. In der Geschichte der Wissenschaften bezeichnet man diese Zeit der Trugbilder als die mythische Periode, und in keiner Wissenschaft hat diese länger gewährt als in der Astronomie, wo sie noch in die letzten Jahrhunderte hineinreicht.

Wir haben den Fixsternhimmel in seiner ganzen Festigkeit und Unwandelbarkeit kennen gelernt, haben sogar die wahren Fixsternörter von den kleinen Schwankungen, in denen sich der Lauf der Erde mit all seinen kleinen Störungen am Himmel abspiegelt, zu befreien gelernt; wir haben uns vollends in den letzten Ausflügen gewöhnt, die Fixsterne als feste Marksteine für die Bewegungen der Planeten und Kometen zu betrachten, und gesehen, wie die Verschiebung eines solchen vermeintlichen Marksteines wiederholt zur Entdeckung von Planeten geführt hat. Ich habe den Leser ferner bei Gelegenheit jener Vorbereitungen auf die außerordentliche Genauigkeit aufmerksam gemacht, welche die Bestimmung der Fixsternörter erfordert, und ihm gezeigt, daß die oberflächliche Gruppierung der Sterne in Sternbilder, wie sie uns aus alter Zeit überkommen, für eine wissenschaftliche Erforschung des Himmels nicht mehr ausreicht, daß an ihre Stelle ein künstliches Netz treten mußte, dessen unverschiebbare Maschen für alle Zeiten die Lage jedes Sternes und jede auch noch so kleine Veränderung, die sie erleiden möchte, bestimmen ließen. Jetzt müssen wir unsre Blicke auf die verschiedenen Helligkeitsverhältnisse der Fixsterne lenken, die vor allem den entschiedensten Anteil an der Physiognomie der Himmelslandschaft haben und vor allem geeignet sind, den Schein des Landschaftsbildes in Wirklichkeit und räumliche Tiefe zu verwandeln, da sie am ehesten den Schluß auf eine Verschiedenheit der Entfernungen gestatten.

Schon Hipparch hat den Versuch gemacht, Helligkeitsabstufungen oder Größenklassen der Fixsterne festzustellen. Er unterschied die für gewöhnlich sichtbaren Sterne in sechs Klassen. In neuerer Zeit hat man diese Einteilung auch auf die teleskopischen Sterne ausgedehnt und unterscheidet im allgemeinen 16 bis 20 solcher Größenklassen. Daß die Abgrenzung dieser Klassen gegeneinander bei den teleskopischen Sternen sehr unbestimmt ist, liegt in der Schwierigkeit jener Lichtschätzungen überhaupt. Man darf sich nicht wundern, wenn ein Astronom noch Sterne zur 12.—13. Klasse zählt, die ein andrer bereits in die 15.—16. Klasse setzt. Auffallender ist die Unsicherheit in den ersten Helligkeitsklassen. Im allgemeinen rechnet man gegenwärtig 17 Sterne des ganzen Himmels zur ersten Klasse.

Es sind der Sirius im großen und der Procyon im kleinen Hunde, der Canopus und ein andrer Stern im Schiffe, die beiden Hauptsterne des Centauren, der Arktur im Bootes, Riegel und Beteigeuze im Orion, die Capella im Fuhrmann, die Wega in der Leier, der Acharnar im Eridanus, der Aldebaran im Stier, der Hauptstern des Kreuzes, der Antares im Skorpion, der Altair im Adler und die Spica in der Jungfrau. Es ist aber durchaus nicht einzusehen, warum man nicht die schwächeren Sterne erster Größe in die zweite oder die hellsten Sterne zweiter Größe, wie den Fomalhaut im Fisch, den Pollux in den Zwillingen und den Regulus im Löwen, noch in die erste Klasse gesetzt hat. Die Unterschiede in der Helligkeit sind zwischen diesen Sternen keineswegs so groß, daß sie eine Scheidung rechtfertigten. Die Astronomen weichen darum auch bedeutend voneinander ab. Ptolemäus und mit ihm das ganze Mittelalter zählt nur 15 Sterne erster Größe, Mädler zählt deren 18, Rümker sogar 20.

In den letzten anderthalb Jahrhunderten haben die Helligkeitsverhältnisse eine erhöhte Wichtigkeit bekommen. Man hat erkannt, daß Veränderungen am Himmel geschehen können, welche nicht die Örter der Fixsterne, sondern ihre Lichtverhältnisse berühren, und es sind Ereignisse eingetreten, die in überraschender Weise gerade in dieser Beziehung die Wandelbarkeit des für fest gehaltenen Sternhimmels dargethan haben. So wie also die Sternbilder der Alten sich ungenügend gegenüber den neueren Forderungen für die Ortsbestimmung der Sterne erwiesen hatten, so gewährten auch die gleichfalls aus dem Altertume überkommenen Größenklassen keine ausreichende Sicherheit mehr für die Erkenntnis der Lichtwandlungen der Sterne. Für die Sternbilder war ein Ersatz gefunden worden, für die Größenklassen suchte man einen ähnlichen in wirklichen Lichtmessungen. Die verschiedenartigsten Methoden und Mittel sind seitdem zu diesem Zwecke angewandt worden. Bald war es die Vergleichung der Sterne mit künstlichen, durch Reflex auf Glaskugeln gebildeten Sternen, bald wandte man Plangläser von verschiedener Dicke oder Farbe an, durch die man das Licht der Sterne gehen ließ. Dann suchte man wieder zwei Sterne durch zwei dicht nebeneinander gestellte Spiegelteleskope von völlig gleicher Beschaffenheit zu vergleichen, indem man durch vorgeschobene Pappringe von beliebigen Öffnungen die von dem größeren Sterne eindringende Lichtmenge so weit zu veringern suchte, bis sie der des andern gleichkam. Andre verglichen zwei Sterne unmittelbar mit einander, indem sie dieselben mit Hilfe von Spiegeln in dem Gesichtsfelde desselben Teleskops nebeneinander betrachteten. Wieder andre wandten Fernröhre mit geteilten Objektiven an, deren jede Hälfte das Sternlicht durch ein Prisma erhielt. Noch andre benutzten zur Vergleichung das von einem Prisma reflektierte Bild des Mondes oder des Jupiter, das sie durch eine Linse in verschiedenen Entfernungen zu einem lichtvolleren oder lichtschwächeren Stern konzentrierten. Endlich mußten selbst die stufenweise abgeschwächten Farbenringe des polarisierten Bildes eines Sternes zur Lichtmessung dienen. Zuletzt hat Zöllner in seinem sinnreichen Astrophotometer, bei welchem der wirkliche Stern mit einem künstlichen verglichen wird, dessen Helligkeit (und Farbe) beliebig meßbar verändert werden kann, ein Instrument von großer Genauigkeit geschaffen, und

bereits sind zahlreiche und wichtige Beobachtungen damit ausgeführt worden. Pickering in Cambridge (u. a.) hat jüngst ebenfalls ein Sternphotometer konstruiert und damit wertvolle Beobachtungen angestellt. Nichtsdestoweniger befindet sich im Großen und Ganzen unsre Lichtmessung doch noch in der Kindheit, und wir sind hier noch weit von jener Genauigkeit entfernt, mit welcher die Meßinstrumente des Astronomen über die Ortsveränderungen der Sterne zu entscheiden vermögen.

Trotz dieser Unzulänglichkeit der bisherigen Methoden haben diese Lichtmessungen doch bereits manches in den Verhältnissen der Sternenwelt aufgeklärt. Zunächst haben sie gezeigt, daß bei der Anwendung der gewöhnlichen Größenklassen dieselbe Bezeichnung die größten Verschiedenheiten umfaßt. Am auffallendsten ist dies in der ersten Klasse. Wenn man die Lichtmenge der Wega mit 1000 bezeichnet, so beträgt nach den Messungen von Ludwig Seidel die Lichtmenge von Sirius 4290, Rigel 993, Capella 819, Arktur 794, Procyon 700, Altair 490, Spica 486, Beteigeuze 359, Fomalhaut 340, Aldebaran 304, Antares 291. Nach John Herschel beträgt die mittlere Lichtmenge für die erste Klasse 500, für die zweite 172, für die dritte 86, für die vierte 51, für die fünfte 34 und für die sechste 25. Genauere Untersuchungen von Seidel, Zöllner und Rosén mittels des Photometers haben ergeben, daß die Sterngrößen, wie sie in den Bonner Sternkarten angegeben sind, sehr nahe so aufeinander folgen, daß jede hellere Klasse nahezu 4mal so viel Licht hat, als die darauffolgende. Von John Herschel ist sogar früher der Versuch gemacht worden, ein Verhältnis zwischen der Intensität unsrer gewöhnlichen Lichtquellen, des Sonnen- und Mondlichtes, und dem Lichte der Sterne herzustellen. Er fand den Vollmond 27 408mal heller als den Hauptstern des Centauren. Doch sind seine Messungen, oder richtiger Schätzungen viel zu unvollkommen gewesen, als daß sie Vertrauen verdienten. Nach neueren Untersuchungen, die von Zöllner mit außerordentlicher Sorgfalt angestellt worden sind, übertrifft die Sonne den Vollmond 618 000mal an Helligkeit. Das Licht welches die Sonne uns zusendet, übertrifft also ungefähr 18 000 000 000mal die Lichtmenge, welche wir vom Hauptstern des Centauren empfangen. Es ist dieses Resultat, so unsicher es auch sein mag, keineswegs bedeutungslos, denn es gestattet uns einen Blick in die wirklichen Lichtverhältnisse dieser fernen Welten. Bringt man nämlich die wahrscheinliche Entfernung jenes Sternes im Centauren, wie wir sie später kennen lernen werden, in Anschlag, so übersteigt die wahre Leuchtkraft jenes Sternes die unsrer Sonne fast zweimal. Noch auffallender wird dieses Verhältnis beim Sirius. Zöllners Messungen ergeben nämlich die Helligkeit des Sirius 14 000 000 000 mal schwächer als die der Sonne. Bei der allerdings noch nicht sehr zuverlässigen Schätzung des Abstandes des Sirius würde diesem eine wirkliche Lichtstärke zukommen, die 88mal unser Sonnenlicht überträfe. Gestützt auf die Messungen von Zöllner ergibt sich ferner, daß Wega unsre Sonne 11mal, Arktur 37mal, Capella sogar mehrere hundert mal an Leuchtkraft übertrifft. Der Stern Nr. 61 im Schwan besitzt dagegen nur etwa den zweihundertsten Teil des Lichtes unsrer Sonne, oder mit andern Worten: Wenn unsre Erde diesen Stern in demselben Abstande umkreiste, wie sie gegenwärtig die

Sonne umkreist, so würden wir nur $^1/_{200}$ des Lichtes empfangen, das uns heute zu teil wird.

Die Helligkeitsverhältnisse der Fixsterne, ihre Zahl und Verteilung am Himmel haben uns so zu einer, wenn auch rohen, Anschauung von der räumlichen Ausdehnung der Fixsternwelt verholfen. Der kühne Gedanke, die Tiefen des Weltraumes zu durchmessen, ging zuerst von William Herschel aus, welcher annahm, daß ein Stern erster Größe, in die doppelte Entfernung versetzt, als ein Stern zweiter Größe erscheinen werde, daß in der vierfachen Entfernung sein Glanz zur vierten Größe, in der achtfachen Entfernung zu fünfter oder sechster Größe herabsinken werde, daß man ihn überhaupt 12mal so weit, als er sich gegenwärtig befinde, in den Raum hinausrücken könne, ehe er aufhören werde, dem bloßen Auge sichtbar zu sein.

Er versuchte nun diese Schlüsse auch auf die teleskopischen Sterne auszudehnen. Zu diesem Zwecke richtete er ein kleines Fernrohr, von dem er genau ermittelt hatte, daß es viermal so viel Licht als das bloße Auge aufnahm, auf den weißlichen Fleck im Degengriffe des Perseus. Das bloße Auge entdeckte hier keinen Stern mehr; es war also keiner vorhanden, der einem Sterne erster Größe in seiner zwölffachen Entfernung gleichkam. Das kleine Instrument aber ließ eine große Menge deutlicher Sterne erkennen. Da es nun doch wahrscheinlich war, daß sich unter diesen wenigstens einige befanden, die an wirklicher Leuchtkraft dem Arktur oder dem Wega nicht nachstanden, so mußte er schließen, daß diese Sterne, um bei vervierfachter Helligkeit gerade noch sichtbar zu werden, doppelt so weit entfernt seien, als die letzten dem bloßen Auge sichtbaren Sterne, also 24mal so weit als die Sterne erster Größe. Ein zweites Fernrohr, das eine neunfache Lichtmenge in sich aufnahm, zeigte abermals Sterne, die man an dieser Stelle des Himmels im ersten Fernrohre nicht wahrgenommen hatte. Sie mußten also bei gleicher Helligkeit des Arktur und der Wega in der 36fachen Entfernung stehen. Herschel ging nun Schritt vor Schritt bis zum zehnfüßigen Teleskope fort und erkannte Sterne von einer Helligkeit, in welcher Sterne erster Größe erscheinen würden, wenn man sie 344 mal weiter als gegenwärtig hinausrücken könnte. Sein 20füßiges Teleskop erweiterte die Grenzen der Sichtbarkeit sogar auf das 900fache der Entfernung von Sternen erster Größe. Übrigens blieb auch für dieses Instrument noch ein ungelöster Nebel übrig, so daß Herschel den hellen Fleck im Degengriffe des Perseus zu den unergründlich tiefen Punkten der Milchstraße rechnet.

Aber Herschel machte noch einen andern sinnreichen Versuch, um in die Tiefen des Raumes vorzudringen. Er ging von der Annahme aus, daß alle Sterne den gleichen Glanz und die gleiche Entfernung voneinander besitzen, daß also im gleichen Raume eine gleiche Sternenzahl enthalten sei. Richtete er nun ein Fernrohr nach verschiedenen Gegenden des Firmamentes, so mußte sich aus der Anzahl der jedesmal im Gesichtsfelde erscheinenden Sterne auf die Entfernung schließen lassen, in welche die Sterne nach jeder Richtung hinausgehen. Es mußte sich geradezu die Tiefe des sternerfüllten Raumes verhalten wie die Kubikwurzel

der im Gesichtsfelde erscheinenden Sternzahl. Herschel nannte sein Verfahren sehr bezeichnend ein Sondieren oder Aichen des sternerfüllten Raumes; in der That mißt die zu- und abnehmende Sternmenge die Tiefen der Sternschicht, wie das Senkblei die Tiefen des Meeres mißt. Bis auf 155 Sternweiten maß Herschels Sonde in der einen, bis auf 820 Sternweiten in der andern Richtung die Tiefen der Sternwelt, und er glaubte infolge dieser Sondierungen auf eine flache linsenförmige Gestalt derselben schließen müssen. Aber jenseit dieser Linse dehnten sich neue Räume aus, und neue Sterne glimmten in ihrem Dunkel, deren Tiefe er auf Tausende von Sternweiten schätzen zu müssen meinte.

Struve hat in neuerer Zeit auf anderm Wege diese Verhältnisse zu ergründen gesucht. Er hat dabei Rücksicht genommen sowohl auf die Zahl der Sterne der verschiedenen Größenklassen, wie auf die sichtliche Zunahme ihrer Häufigkeit gegen die Milchstraße hin. Sein Resultat weicht wesentlich von dem Herschelschen ab, da er für die Sehkraft des bloßen Auges nur einen Raum von $7^3/_4$ Sternweiten erhält, während sie sich nach Herschel auf 12 Sternweiten erstrecken müßte. Struve zog daraus den Schluß, daß die Sterne dem Auge früher entschwinden, als sie es nach ihrer Entfernung und Leuchtkraft sollten, daß das Sternlicht also auf seinem Wege zu uns geschwächt wird, daß der Himmelsraum nicht völlig durchsichtig ist. Dieser Schluß wird schon durch die einfache Thatsache gerechtfertigt, daß wir trotz der unendlichen Zahl der Sterne nicht ein gleichmäßig erhelltes Himmelsgewölbe, sondern nur vereinzelte Lichtpunkte auf dunklem Grunde erblicken. Infolge der Schwächung (Extinktion) des Lichtes im Weltraume vermag das Teleskop auch nicht so weit in dessen Tiefen einzudringen, als dies bei völliger Durchsichtigkeit der Himmelsräume der Fall sein würde. Nach den Berechnungen Struves erstreckte sich die raumdurchdringende Kraft des großen 40 fußigen Teleskops infolge der Lichtabsorption nur bis zu ungefähr 370 Sternweiten, und Sternhaufen waren in Gestalt eines Nebels durch dasselbe noch in 800 Sternweiten Abstand sichtbar.

Wie man nun auch über den wissenschaftlichen Wert und die Zuverlässigkeit solcher immerhin auf halb wahre Voraussetzungen gegründeten Schlüsse urteilen möge, sie gewähren wenigstens eine annähernde Anschauung von der räumlichen Ausdehnung der Sternenwelt. Weiter zu gehen, neue Schlüsse darauf zu bauen, wäre bedenklich. Es läge vielleicht nicht ganz fern, aus den erhaltenen Aufschlüssen über die verschiedenen Entfernungen der Fixsterne auch die wirkliche Größe dieser Welten, wenn auch gleichfalls nur annähernd, bestimmen zu wollen. Allerdings zeigen die meisten Fixsterne sowohl dem bloßen Auge, als im Fernrohre Scheiben von merklichem Durchmesser. Aber schon der Umstand, daß diese Scheiben bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen auffallend kleiner erscheinen, und noch mehr, daß selbst ein Stern erster Größe bei einer Bedeckung durch den Mond plötzlich verschwindet, beweist, daß jene Scheiben auf einer Täuschung beruhen. Gleichwohl hat man lange Zeit die Hoffnung nicht aufgegeben, die wahren Durchmesser der Fixsternscheiben zu messen. Die Verbesserung der Beobachtungsmittel führte in der That zu einer fortschreitenden Verkleinerung jener Scheiben, und darin schien

nur eine Bestätigung jener Hoffnung zu liegen. Kepler hatte noch den Durchmesser des Sirius zu 240, Tycho zu 120 Sekunden angegeben. Albategnius verringerte ihn bereits auf 45, Gassendi auf 10 Sekunden und Jacob Cassini und Hevel, die durch Verengung der Objektivöffnung des Fernrohres das Licht der Sterne abzuschwächen und damit die Ursache jener Täuschung zu heben suchten, gaben dem Sirius sogar nur 5 und 6,3 Sekunden Durchmesser. William Herschel vermochte bei Anwendung einer 6500fachen Vergrößerung die Scheibe der Wega sogar nur zu 0,36 und die des Arktur zu 0,2 Sekunden im Durchmesser zu schätzen. Läßt man aber auch nur diese kleinsten scheinbaren Größen gelten, und berücksichtigt man dann die Entfernung, die man mindestens den nächsten Fixsternen geben muß, so erhält man noch wahre Durchmesser von 4—7 Millionen Meilen für diese beiden Fixsternwelten, also Größen, die absolut unzulässig sind.

Schon Gassendi war von der geringen Helligkeit überrascht, welche die sämtlichen, gleichzeitig an unserm Himmelsgewölbe glänzenden Sterne in einer völlig heitern Nacht verbreiten. Er kam dadurch auf den Gedanken, zu untersuchen, welche Größe und welchen Glanz eine Scheibe darbieten müsse, welche man aus allen diesen Sternen nach der Vorstellung, die man damals von ihrem scheinbaren Durchmesser hatte, zusammensetzte. Indem er nun die Durchmesser der Sterne erster Größe zu 3, die zweiter Größe zu $2^1/_2$ Minuten und so fort, die der sechsten Größe zu $^1/_2$ Minute annahm, fand er, daß schon die Hälfte der 1026 von Hipparch als mit bloßem Auge sichtbar aufgeführten Sterne hinreiche, in ihrer Vereinigung eine Scheibe zu bilden, welche die Mond- oder Sonnenscheibe noch übertreffe. Da nun jeder Stern überdies für sich mehr Licht ausstrahlt, als ein entsprechender Teil des Mondes, so müßten jene 513 Sterne zusammen uns mehr Licht zusenden, als selbst der Vollmond. Da dies aber nicht stattfindet, so folgt daraus, daß die den Sternen beigelegten Durchmesser bei weitem zu groß sind.

Dies war ein erster roher Versuch. Die Resultate der heutigen Lichtmessung geben ihm eine überraschende Erweiterung dadurch, daß sie eine Grenze für die Größe der scheinbaren Sterndurchmesser setzen. Wir wissen nämlich, daß nach den Untersuchungen von Zöllner mindestens 14 000 Millionen Sterne von der Helligkeit des Sirius dazu gehören würden, um die Erde ebenso stark als die Sonne zu erleuchten. Nehmen wir nun an, daß der Sirius an sich denselben Glanz besäße wie die Sonne, so würden auch 14 000 Millionen solcher kleiner Scheiben von der Größe des Sirius vereinigt werden müssen, um der Oberfläche der Sonne gleich zu sein. Der Durchmesser der Sonne aber beträgt 32 Min. oder 1920 Sek. Durch eine einfache Rechnung läßt sich nachweisen, daß 16 000 Millionen kleiner Kreise der Sonnenoberfläche gleich sind, wenn jeder derselben $^1/_{60}$ Sekunde zum Durchmesser hat. Das ist also der größte Durchmesser, den wir dem Sirius geben könnten. Ja dieser Durchmesser setzt noch voraus, daß der Glanz des Sirius dem der Sonne gleich sei. Nun haben wir aber bereits gesehen, daß die wirkliche Lichtstärke des Sirius die der Sonne vielleicht um das 86fache übertrifft. Der Winkeldurchmesser des hellsten Sternes am Himmel würde damit also noch weit unter jene Grenze zu setzen sein. Wir sehen, daß

damit für unsre jetzigen Meßinstrumente keine Messung von Fixsternscheiben in Aussicht gestellt wird, und ich glaube, daß eine solche auf direktem Wege überhaupt niemals möglich sein wird.

Wir haben somit wenigstens ein oberflächliches Bild der Raumverhältnisse der Sternwelt erhalten. Es ist freilich nur ein Bild, wie wir es uns etwa von einem Lande, das wir bereisen wollen, aus dürftigen Nachrichten zusammensetzen. Gleichwohl können wir es nicht unterlassen, diesem dürftigen Bilde noch eine gewisse Vollendung zu geben, indem wir zu der Ausdehnung seiner Räume auch die Zahl seiner Welten wenigstens in annähernder Weise fügen.

Die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne der nördlichen Halbkugel.

Wir werden es nicht unternehmen, die Sterne am Himmel zu zählen, und das Altertum vermochte es ebensowenig. Der größte Astronom des Altertums, Hipparch, gibt die Zahl der am schönen griechischen Himmel sichtbaren Sterne auf nicht mehr als 1600 an, sein Sternverzeichnis, das uns von Ptolemäus hinterlassen worden, umfaßt sogar nur 1026 Sterne. Und doch erregte seine That eine solche Bewunderung, daß Plinius es ein der Götter würdiges Unternehmen nennt, daß Hipparch der Nachwelt den Himmel wie zur Erbschaft hinterlassen wollte. Dieses Unternehmen war übrigens gar nicht so sehr schwierig, als es aussieht. Denn wie viele Sterne glaubt der Leser wohl, daß mit bloßem Auge an der nächtlichen Himmelssphäre gesehen werden können? Man rät auf zahllose Tausende, und so

ergeht es fast allen Menschen, mit Ausnahme der wenigen, welche die Zahl kennen! Nein, wenn etwas beim Anblick des nächtlichen Sternenhimmels überrascht, so ist es die Versicherung, welche die Wissenschaft erteilt, daß die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne sich auch in der klarsten Nacht nicht auf 5000 belaufen. Diese Anzahl wird uns gering vorkommen; allein wenn wir uns der Mühe unterzögen, sämtliche von uns wahrgenommene Sterne einen nach dem andern in Karten einzutragen, so würden wir diese Angabe bestätigt finden. Diese mühevolle Eintragung aller dem bloßen Auge sichtbaren Sterne in Karten haben nämlich verschiedene Astronomen wirklich ausgeführt und sind übereinstimmend zu der obigen Grenzzahl gelangt.

Die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne der südlichen Halbkugel.

Nördlich vom Himmelsäquator erblickt ein normales Auge höchstens 2500 Sterne; dieselben sind nach ihrer richtigen gegenseitigen Lage und Helligkeit in die nebenstehende Karte eingetragen; die gegenüberstehende gibt in der gleichen Weise die etwas zahlreicheren (3300) Sterne der südlichen Himmelshälfte. Aber die Astronomen sind noch viel weiter gegangen, ihre Kataloge beschränken sich durchaus nicht auf die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne, sondern reichen weit tiefer bis zu den teleskopischen Fixsternen. Auf diese zahlreichen Beobachtungen konnten erst genaue Himmelskarten gegründet werden, wie z. B. jene der Berliner Akademie, welche alle Sterne zwischen 15° nördlicher und 15° südlicher Deklination enthalten, die in einem Fraunhoferschen Kometensucher von 34''' Öffnung bei

10maliger Vergrößerung sichtbar sind. Dieses Kartenwerk ist in neuester Zeit durch eine bewundernswürdige Arbeit Argelanders und seiner Mitarbeiter noch weit übertroffen worden.

Neben Argelander hat sich besonders Chacornac mit der Anfertigung sehr genauer Sternkarten beschäftigt. Dieselben erstrecken sich jedoch nicht über den ganzen Himmel, sie umfassen nur einen schmalen Streifen längs der Ekliptik.

Ekliptische Sternkarte. Nach Chacornac.

Die vorstehende Abbildung zeigt ein Stück einer solchen Sternkarte, verkleinert. Struve nimmt für das Herschelsche 20füßige Spiegelteleskop bei 180facher Vergrößerung für den gesamten Himmel 20374000 Sterne an, und William Herrschel selbst schätzt die in seinem berühmten 40füßigen Teleskope in der Milchstraße allein sichtbar werdenden Sterne auf 18 Millionen. Der eigentliche Reichtum des Himmels an Sternen beginnt also erst bei der teleskopischen Betrachtung.

Das astrophysikalische Observatorium zu Potsdam.

Zweites Kapitel.

Die Eigenbewegungen der Fixsterne.

Du Ruhigscheinende, Gewaltsaminnige,
Eröffne deiner Schatten grausen Schlund,
Die alte Macht sei ohne Zauber kund!

Ungeheuer wie die Räume erscheinen uns auch an Zahl die Welten, deren Gebiet wir betreten wollen. Ruhig und fest schimmert diese Sternenschar über uns, seit Jahrtausenden unveränderlich in ihrer Gruppierung, die Symbole des Ewigen für alle Völker und alle Zeiten. Jetzt, da wir den Fuß unter sie setzen, werden sie in Bewegung geraten, werden die ewigen Sternbilder sich auflösen, werden ihre ewigen Lichter aufleuchten, sich wandeln, erlöschen. Aber was das beschränkte irdische Auge niemals am Fixsternhimmel zu erspähen vermag, Ordnung, Gesetz, das wird der von der Wissenschaft zu diesen Welten emporgetragene Blick mit stolzer Genugthuung entdecken. Und nicht Wunder, sondern Sinn und Gesetz zu erkennen, ist der Zweck einer rechten Wanderung durch die Fremde.

Wir kennen den Zauberstab, der uns die geheimnisvollen Räume des Himmels erschließt, der uns jene Sinnbilder ewiger, ungestörter Ruhe, jene goldenen Nägel am Kristallgewölbe der alten Philosophen in raumerfüllende, bewegte Welten verwandelt. Wir wissen, daß dieser Zauber in nichts anderm beruht,

als in der gleichen besonnenen Prüfung, durch welche wir eine wirkliche Landschaft von einem Gemälde unterscheiden. Diese Prüfung muß uns den Nachweis einer gleichen oder verschiedenen Entfernung der einzelnen Gegenstände der Landschaft liefern. Entscheidend darüber wird also die Wahrnehmung einer eignen Bewegung der Gegenstände selbst oder von Veränderungen, in denen sich unsre persönliche Bewegung draußen abspiegelt. Ein Zweifel könnte nur noch darüber entstehen, welcher von beiden Ursachen die wahrgenommenen Veränderungen zuzuschreiben seien, der wirklichen, von uns unabhängigen Bewegung draußen, oder dem Widerschein unsrer eignen. Aber auch dieser Zweifel wird sich aus der Art und Richtung der wahrgenommenen Bewegungen lösen lassen. Eine Übertragung unsrer eignen Bewegung auf die Außenwelt wird sich immer in einer gewissen Regelmäßigkeit äußern und eine gewisse Ruhe in der Richtung unsrer Bewegung erkennen lassen. Wenn wir durch einen Wald wanderten, so wird es uns nicht entgangen sein, daß die Bäume, die uns gerade gegenüber standen, ihre Lage nicht zu verändern schienen. Wenn wir aber auf die Gegenstände zur Rechten und Linken achteten, so wird es uns geschienen haben, als ob sie sich nach rechts oder links ausbreiteten. Selbst wenn wir nichts davon gewußt hätten, daß wir uns bewegen, so würden wir es doch eben aus jenem Auseinandergehen der Bäume zur Seite mit ziemlicher Gewißheit haben folgern können, daß und in welcher Richtung wir uns bewegten.

Ruhend und fest gleich jenen Bäumen des Waldes, so dünkt uns die Sternenschar des Himmels. Die Physiognomie des Himmels scheint uns unveränderlich, heute dieselbe, wie sie vor Jahrtausenden war. Die wenigen umherschweifenden Planeten und Kometen, die aufblitzenden Sternschnuppen und Meteore können die Physiognomie der Sternlandschaft nicht dauernd, nicht auffallend verändern; das Vorrücken der Nachtgleichen, das Wanken der Erdachse kann wohl neue Sternbilder heraufführen, andre Teile der Landschaft sichtbar machen, aber es kann diese Sternbilder selbst nicht auflösen, noch neue Gruppen schaffen. Die Millionen Meilen, die wir alljährlich mit unsrer irdischen Heimat durch die Räume des Sonnensystems dahin wandeln, sie verschwinden wirkungslos gegen die Unermeßlichkeit der Fixsternwelt. Da verlangen wir denn hinausgetragen zu werden in jene Räume, in schnellem Fluge sie zu durcheilen, um diese ruhende Landschaft in Bewegung zu bringen. Aber gedulden wir uns! Vielleicht ist es gar nicht mehr nötig, uns in Bewegung zu setzen; vielleicht befinden wir uns längst auf einer Reise mitten durch jene Fixsterne hin, und längst fliegen diese Sterne an uns vorüber und weichen zur Seite gleich den Bäumen des Waldes. Bis jetzt haben wir ja nur flüchtige Blicke zum Sternhimmel erhoben, und wenn solch ein Blick auch ein Menschenalter umfaßte. Wie nun, wenn wir einmal einen recht langen, tiefen Blick in den Himmel thäten, einen Blick, der auf Jahrtausende zurückreichte? Wir wollen uns diesen Blick durch die Wissenschaft leihen. Wir erschrecken vor dieser überraschenden Verwandlung. Noch eben strahlte dort im Norden die prächtige Wega im Sternbild der Leier, ruhig schimmerte unweit davon die reichgeschmückte nördliche Krone, und zwischen beiden erblickten wir das

sternbesäete Bild des kämpfenden Herkules. Vor dem festen Blicke der Wissenschaft erbleichen Held und Kranz und Leier wie Gespenster; die dunkle Fläche, an welche das Altertum seine Bilder malte, thut sich auf, und ein weiter, unendlicher Raum klafft uns entgegen. Wir erblicken eine Bewegung, die fort und fort, seit das Menschengeschlecht besteht, auflösend und zerstörend auf die ganze Himmels-physiognomie einwirkte. Schon schauen wir nicht mehr dieselben Sterngruppen, die vor 2000 Jahren noch ein Hipparch oder Ptolemäus schauten, und mit Entsetzen gewahren wir jedes Band der Ordnung am Himmel sich lösen, und gleichviel, ob nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden, wird das Kreuz des Südens und der Gürtel des Orion zerrissen und zerstückt sein.

Wir können nun unmöglich unsern Gedankenflug durch den Weltraum beginnen, ehe ich den Leser nicht ein Stück Weges auf jener wirklichen Reise geleitet und ihn mit den Erfahrungen bekannt gemacht habe, welche die Wissenschaft in der kurzen Zeit, seit sie bewußt diesen Weg wandelt, gesammelt hat. Ich führe ihn deshalb noch einmal zu jenem Walde zurück. Wir würden dort unzweifelhaft die Veränderungen um uns her am auffälligsten gefunden haben, wenn wir einmal einen Augenblick anhielten, um uns recht genau die Physiognomie unsrer Umgebung einzuprägen, und erst, nachdem wir dann einige Minuten mit geschlossenen Augen weiter gewandelt wären, die Augen wieder geöffnet hätten. So ist es der Wissenschaft nun wirklich ergangen. Vor 2000 Jahren hatte Hipparch seinen spähenden Blick auf den Himmel geworfen und den damaligen Anblick desselben, damit er dem Gedächtnisse nicht entschwinde, durch ein genaues Sternverzeichnis verewigt. Bis zum Anfang des vorigen Jahrhunderts wandelte die Wissenschaft mit geschlossenen Augen weiter. Da fiel es einem Halley ein, die Augen wieder zu öffnen. Sein scharfer Blick durchforschte abermals den Himmel, er verglich den neuen Anblick mit dem alten, das neue Verzeichnis mit dem zweitausenjährigen. Siehe da, Sirius, Arktur, Aldebaran standen nicht mehr, wo sie der griechische Astronom verzeichnet hatte. Beobachtungsfehler reichten nicht hin, diese Veränderungen zu erklären; Täuschungen, etwa durch das Vorrücken der Nachtgleichen oder die Lichtabirrung, also durch Änderungen in der Stellung der Erde oder ihrer Bahn veranlaßt, hätten die gesamten Sterne in gleichem Maße getroffen. Die Veränderung, die hier vorlag, war eigentümlicher Art; es waren die Stellungen der Sterne zu einander verändert. Sirius hatte sich aus seiner alten Nachbarschaft entfernt und neue Gefährten gesucht; mancher Stern, der einst östlich von einem andern gestanden, wurde jetzt westlich von ihm gesehen. Jakob Cassini prüfte die von Halley erlangten Resultate und fand aus der Vergleichung seiner eignen Beobachtungen mit jenen von Richer, die 64 Jahre früher angestellt waren, daß der rothe Stern Arktur in Länge und Breite seinen Ort am Himmelsgewölbe langsam ändere. Man schritt nun ein Jahrhundert lang sehenden Auges vorwärts und fand, daß auch bei den sorgfältigsten Beobachtungen neuerer Zeit, bei Benutzung der vollkommensten Werkzeuge dasselbe Durcheinanderirren der Fixsterne fortwährte. Man fand geradezu, wie im Walde, daß zur Rechten und Linken die Sterne auseinander wichen, die einen schneller, die andern langsamer. Man

erkannte unzweifelhaft eine Eigenbewegung der Sterne, und damit war das gemalte Himmelsgewölbe, das vor der gesunden Vernunft längst nicht mehr bestanden hatte, auch vor dem Urteile der Sinne zerstört. Die Fixsterne waren nicht mehr fest, die Sonne selbst vielleicht ihrer Ruhe beraubt. Die Verschiedenheit in den Bewegungen der Sterne deutete zugleich auf eine Verschiedenheit in ihren Abständen. Besonders Tobias Mayer und Maskelyne bemühten sich, genauere Zahlenwerte für die Eigenbewegungen einer Anzahl von Fixsternen zu erhalten, und Piazzi veröffentlichte sogar im Jahre 1804 ein Verzeichnis von 300 Sternen mit näherungsweise ermittelter Eigenbewegung. Nur in betreff der Ursache dieser Bewegung konnte noch ein Zweifel sich geltend machen. Entweder konnte sie gedeutet werden als eine bisher uns unbewußt gebliebene weite Reise nicht der Erde allein, sondern unsrer stolzen Sonne selbst und ihres ganzen Systems durch die Weiten des Himmels, oder die Bewegung konnte auch den fernen Sternen allein angehören und einer Wirklichkeit entsprechen, wie wir sie etwa dem verwickelten Laufe der Planeten zu Grunde legen mußten. Ehe ich nun die Lösung dieser Frage mitteile, muß ich den Leser mit den Eigenbewegungen der Fixsterne selbst näher bekannt machen.

Das größte Verdienst um die Bestimmung der Eigenbewegungen der Fixsterne gebührt Bessel, Argelander und Mädler. Auf Grund des berühmten Bradleyschen Sternverzeichnisses von 1755 hat letzterer in den Jahren 1847—1856 die Eigenbewegungen von 3136 Sternen ermittelt. Die Größe dieser Bewegungen ist außerordentlich verschieden. Im Mittel beträgt sie etwa 10—11 Sekunden im Jahrhundert, wächst aber bei einzelnen Sternen bis auf mehrere Sekunden im Jahre an, während sie bei andern wieder noch nicht eine Sekunde im Jahrhundert erreicht. Die stärksten Bewegungen erwartete man ursprünglich bei den hellsten und darum wahrscheinlich auch nächsten Fixsternen zu finden, und in der That beträgt die Eigenbewegung des Sirius 125, des Procyon 133, des Arktur 226 und des Hauptsternes im Centauren 368 Sekunden im Jahrhundert. Aber ebenso große und noch größere Eigenbewegungen kommen in allen Klassen der Fixsterne vor, und ebenso zeigen einige der hellsten Sterne außerordentlich kleine Bewegungen. So besitzen die beiden hellsten Sterne des Orion, Beteigeuze und Rigel, nur eine Bewegung von 5 und 3,5 Sekunden im Jahrhundert. Die größten bisher beobachteten Bewegungen zeigen sogar einige Sterne sechster bis achter Größe. So beträgt die Eigenbewegung eines kleinen Sternes sechster bis siebenter Größe, Nr. 1830 des Katalogs von Groombridge 701, des Sternes Nr. 61 im Schwane 522, des Sternes Nr. 21185 in Lalandes Katalog 473, eines Sternes im Indianer 451, des Sternes o^2 im Eridanus 409 und des Sternes μ in der Kassiopeja 383 Bogensekunden im Jahrhundert. So klein diese Bewegungen an sich auch erscheinen, so erhalten sie doch eine Bedeutung durch die Kraft der Jahrtausende. Seit dem Beginne unsrer Zeitrechnung ist in der That die Bewegung des Arktur bereits auf $2^1/_2$, die des Sternes im Schwane auf 6, die des Sternes im Schiffe sogar auf 9 Vollmondbreiten angewachsen. Sie erhalten noch eine weitere Bedeutung dadurch, daß sie nur der Schein wirklicher Bewegung sind, die

bei den gewaltigen Entfernungen dieser Welten auf außerordentliche Geschwindigkeiten hindeuten, beim Arktur, mäßig geschätzt auf eine Geschwindigkeit von 10 bis 11 Meilen in der Sekunde. Wir dürfen nicht vergessen, daß nur derjenige Teil der Bewegung eines Fixsternes sich der direkten Beobachtung im Fernrohre bemerkbar machen kann, welcher senkrecht zur Gesichtslinie des Beobachters stattfindet. Ein Stern, der sich schnurgerade zur Erde hin bewegte, würde bei seiner großen Entfernung für uns ganz stillzustehen scheinen. Der Spektralanalyse ist es nun möglich, auch eine solche Bewegung zu erkennen, ja ihrer Größe nach zu messen. Wenn nämlich ein Fixstern sich der Erde nähert oder sich von ihr entfernt, so muß diese Bewegung die Brechbarkeit der von ihm ausgehenden Strahlen verändern. Die hellen Linien der Spektra irdischer Stoffe werden daher nicht mehr genau mit den entsprechenden dunklen Linien in den Spektren der betreffenden Sterne zusammenfallen. Findet eine Verschiebung der Spektrallinien gegen Rot hin statt, so entfernt sich der Stern von der Erde, erscheinen die Linien dagegen gegen das violette Ende des Spektrums verschoben, so findet eine Annäherung zur Erde statt. Aus der Größe dieser Verschiebungen läßt sich die Geschwindigkeit der Bewegung leicht berechnen. Auf diese Weise fand zuerst Huggins, daß der glänzende Sirius sich in jeder Sekunde 18 bis 22 englische Meilen von uns entfernt. Beteigeuze entfernt sich 22 englische Meilen pro Sekunde. Arktur nähert sich uns 55, Wega 44 bis 54, Deneb 39, Pollux 49, α im großen Bären 47 bis 62 englische Meilen in jeder Sekunde. Vogel hat auf der schönen Sternwarte Bothkamp die Untersuchungen von Huggins wiederholt. Er fand, daß Wega sich mit einer Geschwindigkeit von $11^1/_4$ geographischen Meilen der Sonne nähert; für Altair betrug dieselbe Bewegung $10^2/_5$ geographische Meilen. Die zahlreichsten Beobachtungen der Spektrallinie der Fixsterne behufs Ermittelung ihrer relativen Bewegungen zur Erde haben auf der Stern-

Karte der Stellung der Sterne des großen Bären in Vor- und Nachzeit. I. Vor 100000 Jahren. II. Vor 50000 Jahren. III. Zur Jetztzeit. IV. Nach 50000 Jahren. V. Nach 100000 Jahren.

warte zu Greenwich stattgefunden, doch sind die Messungen so schwierig, daß man noch nicht von allgemeinen Resultaten sprechen kann.

So viel ist sicher, daß die Eigenbewegung durchaus in keiner bestimmten Beziehung zur Helligkeit der Sterne steht. Wenn wir also ein gewisses Abhängigkeitsverhältnis zwischen der Eigenbewegung und der Entfernung gelten lassen wollen, so werden wir auch den Schluß gerechtfertigt finden, daß Sterne jeder Helligkeitsklasse in allen Entfernungen in gleicher Häufigkeit vorkommen. Allerdings beschränkt sich die Beobachtung dieser Bewegung erst auf eine kleine Zahl von Sternen, die verschwindend ist gegen die Hunderttausende und Millionen von Sternen, welche eine gegründete Schätzung am Himmel nachweist. Neun Jahre war Mädler beschäftigt, um nur für 3000 Sterne jene Bewegung aus den vorhandenen Beobachtungen seit Bradleys Zeiten abzuleiten. Welche Riesenarbeit ist der Wissenschaft also noch aufgehoben! Aber erst spätere Zeiten werden diese Arbeit zu leisten haben. Noch sind unsre umfassenderen Sternverzeichnisse zu neu, um bereits die Spuren einer Veränderung erkennen zu lassen.

Wir wissen jetzt, auf einen wie kleinen Teil der Himmelswelt sich unsre Kenntnis von den Eigenbewegungen der Sterne noch erstreckt, und wir werden nun auch die ganze Schwierigkeit einer Antwort auf jene Frage begreifen, die ich vorhin aufwarf. Es war die Frage, ob unsre Sonne allein, oder ob jeder der Fixsterne in einer Bewegung begriffen sei. Daß die Sonne allein unter allen den zahllosen Welten mit ihrem reichen Gefolge durch den Raum zu wandeln bestimmt sei, liegt außer aller Wahrscheinlichkeit. Ist die Sonne ein Fixstern gleich den andern, warum sollte nur sie ihre Ruhe nicht finden können! Oder wäre sie nur der Trabant eines höhern Systems, wäre es ein benachbarter Fixstern, um den sie zu kreisen hätte? Dagegen spricht wieder die ungeheuere Weite der Bahn, die sie zu durchlaufen hätte; denn so klein sind die Veränderungen in der Lage der Fixsterne, daß sich auf Millionen von Jahren schließen läßt, die erforderlich wären, damit die Sonne ihre Periode vollenden könnte. Wiederum den Fixsternen allein jene Bewegung zuzuschreiben, ist ebenso gegen alle Wahrscheinlichkeit; welches Vorrecht hätte denn die Sonne vor ihnen? So bleibt uns nur übrig, eine gleichzeitige Bewegung von Sonne und Fixsternen anzunehmen und damit freilich die Erscheinung in bedenklicher Weise zu verwickeln. Jede der kleinen Ortsveränderungen der Sterne am Himmel stellt sich uns nun dar als eine Vereinigung jener zusammenwirkenden Bewegungen. Welche Aussicht bietet sich uns, diese ineinander greifenden Ursachen und Wirkungen zu trennen? Wir wollen sehen, wie weit es der Wissenschaft geglückt ist, wenigstens den Weg und die Richtung aufzufinden, nach welcher ein unaufhaltsamer Zug unsre Sonne mit Erde und Planeten in den Raum hinausführt.

Zunächst ist die ganze Anschauung, von der wir ausgingen, wesentlich umgestaltet. Wir glaubten uns durch einen Wald dahin wandelnd und suchten aus dem scheinbaren Auseinanderweichen der Bäume die Richtung unsrer Bewegung zu erkennen. Die Fixsterne gleichen jetzt nicht mehr den ruhigen, festgewurzelten Bäumen des Waldes. Sie sind in Bewegung gleich uns. Sie gleichen vielmehr

segelnden Schiffen, die von allen Seiten und nach allen Richtungen steuernd uns umgeben. So wollen wir uns denn selbst auf ein solches segelndes Schiff versetzen, mitten auf hoher See, rings am Horizonte nur segelnde Schiffe, nirgends eine Küste, nirgends eine Marke, an der wir unsre eigne Bewegung und ihre Richtung erkennen könnten. Wir werden fragen, wie es möglich sei, ohne ein andres Hilfsmittel als diese uns rings umschwärmenden Schiffe die eigne Richtung zu finden. Und doch ist es möglich. Wenn wir still stehen, werden wir bei der großen Zahl der bewegten Schiffe offenbar keine bestimmte Richtung ihrer Bewegung vorherrschen sehen. Wenn wir uns aber selbst bewegen, so erhält jedes der übrigen Schiffe zu seiner wahren Bewegung noch eine gemeinsame scheinbare zugefügt, die der unsrigen genau entgegengesetzt ist. Es wird also die Mehrzahl der Schiffe sich in einer Richtung zu bewegen scheinen, die sich der der unsrigen entgegengesetzten mindestens nähern wird. Die Schiffe werden sogar ähnlich jenen Bäumen im Walde in der Richtung, nach welcher wir uns hin bewegen, auseinanderzurücken, in der entgegengesetzten sich einander zu nähern scheinen. Wir sehen, es kommt nur darauf an, daß die Zahl der Schiffe groß genug ist, um uns durch die Mischung von Schein und Wahrheit in ihren Bewegungen über unsre eigne Richtung mit Sicherheit belehren zu können.

Himmelszielpunkt der Bewegung unsres Sonnensystems.

Kehren wir jetzt unter die bewegten Sterne zurück und versuchen wir hier die Lösung der gleichen Aufgabe. William Herschel schon ist uns darin vorangegangen. Wir werden es freilich für ein gewagtes Unternehmen halten, zu einer Zeit, wo erst von kaum 20—30 Sternen Eigenbewegungen bekannt waren, also auf eine höchst schwache Grundlage so wichtige Schlüsse bauen zu wollen. Ich verdenke es auch keinem, wenn er den Erfolg dieses Unternehmens nicht dem Scharfsinn Herschels allein, sondern mehr noch dem glücklichen Zufall zuschreibt. Genug, Herschel bestimmte aus der Gemeinsamkeit, die er in der Richtung jener Eigenbewegungen zu erkennen glaubte, die Richtung des Laufes unsrer Sonne und bezeichnete einen kleinen Stern im Sternbilde des Herkules als den Punkt des Himmels, nach welchem sie sich bewege. Das Verdienst, dieses unsichere und damals vielfach angefochtene Resultat über alle Zweifel erhoben zu haben, gebührt Argelander. Ihm standen reichere und sichere Thatsachen zu Gebote. Die Grundlage seiner Rechnung bildeten 390 Sterne, von denen 20 eine jährliche Eigenbewegung von mehr als 1 Sekunde besitzen, 50 zwischen $^1/_2$ und 1 Sekunde und endlich 319 zwischen $^1/_5$ und $^1/_2$ Sekunde. Als Resultat seiner Rechnung ergab sich für die Richtung der Eigenbewegung unsrer Sonne ein Punkt, der gleichfalls

im Sternbilde des Herkules, und zwar auf das Jahr 1800 bezogen, in 257° 54',2 nördlicher Abweichung liegt. Spätere Untersuchungen andrer Astronomen, die namentlich auch die südlicheren Sterne berücksichtigten, haben im allgemeinen zu nahe übereinstimmenden Resultaten geführt. So fand Galloway, indem er seine Rechnungen ausschließlich auf Sterne des südlichen Himmels stützte, die früher von Lacaille und Bradley, neuerdings aber von Johnson und Henderson beobachtet worden, für die Lage jenes Punktes 260° 1' gerader Aufsteigung und 34° 23' nördlicher Abweichung. Mädlers jüngste, auf 2163 Sternbewegungen gegründete Rechnung hat für diesen wichtigen Punkt des Himmels eine gerade Aufsteigung von 261° 38',8 und eine nördliche Abweichung von 39° 53',9 ergeben. Damit fällt das Resultat fast vollständig zusammen, welches kürzlich Dunkin aus der Eigenbewegung von 1167 dem Kataloge von Main entnommenen Fixsternen abgeleitet hat, nämlich 265° Rektaszension und 39° nöblicher Deklination für den Punkt, gegen welchen hin sich unsre Sonne bewegt.

Über die Richtung, in welcher die Sonne sich bewegt, kann nach all den Untersuchungen, deren Resultate ich hier soeben vorgelegt habe, durchaus kein Zweifel mehr bestehen. Dagegen ruht gegenwärtig noch ein großes Dunkel über der wahren Ursache der Sonnenbewegung. Nur das können wir mit Sicherheit schließen: es ist eine Kraft vorhanden, der die Sonne gehorcht, wie dieser die Erde.

Wenn wir erwägen, was sonst in der Astronomie eine beobachtete Bewegung zu bedeuten hat, mit welcher Sicherheit Gesetze daraus erschlossen, Bahnen berechnet, Systeme begründet werden, so dürfen wir uns doch nicht der Hoffnung hingeben, auch für die bewegte Fixsternwelt ähnliche Gesetze, ähnliche Ordnungen sich enthüllen zu sehen. Bedenken wir nur, wie lange die Menschheit den einfachen Mechanismus des Planetensystems betrachten, wie oft sie die Perioden seiner Bewegungen in wiederkehrender Reihenfolge beobachten mußte, ehe sie das einfache Gravitationsgesetz, ehe sie die Formeln für diese Bewegung aufzustellen vermochte! Noch sind es kaum hundert Jahre, daß man die Eigenbewegungen der Fixsterne verfolgt, Freilich ist das mit einer Sicherheit geschehen, die selbst sekundengroße Ortsveränderungen der Beobachtung nicht entgehen ließ; freilich war man im Stande, alle scheinbaren Veränderungen aus dem Vorrücken der Nachtgleichen, dem Wanken der Erdachse, der Abirrung des Lichtes auf das schärfste von diesen wirklichen Ortsveränderungen zu trennen. Aber was sind hundert Jahre in der Geschichte des Himmels und dem Jahreslaufe eines Fixsterns, an der Uhr des unendlichen Weltganzen! Noch vermag selbst die Ahnung nicht das Gesetz dieser Bewegungen abzuleiten, die Züge dieser Weltordnung zu entziffern.

Lassen wir uns genügen, die fernen Welten in Bewegung gesetzt zu haben; lassen wir uns genügen, in eilendem Fluge von unsrer stolzen Sonne selbst durch die Räume des Alls dahingetragen zu werden! Ein Gedanke geht mit uns — daß nirgends Stillstand in der Natur, daß mit seinem Wohnsitze auch das Menschengeschlecht fortschreitet, und daß, wer es hemmen will, so Vergebliches unternimmt, als wollte er eingreifen in den ewigen Lauf der Gestirne!

Drittes Kapitel.

Die veränderlichen und die neuen Sterne.

Hier ist nicht Ruh', hier sind nicht weiche Pfühle,
Jedoch wie sonst, vertraue mir.

Der Glaube an die Ewigkeit und Unveränderlichkeit des Fixsternhimmels wird vollends in uns zerstört werden, ehe wir noch einen Fuß auf jenes Gebiet gesetzt haben. In Bewegung haben wir bereits jene zahllosen Welten sich setzen sehen, und es war eine Bewegung, die, weil sie jedem Sterne eigentümlich in Richtung und Geschwindigkeit ist, allmählich diese festen Sternbilder und Sterngruppen auflösen und die Physiognomie der Himmelslandschaft zum Unkenntlichen umgestalten wird. Aber die Zerstörung der räumlichen Verhältnisse genügt immer noch nicht; auch die ewigen Lichter des Himmels müssen für uns verlöschen. Wir werden Veränderungen in den Lichtverhältnissen dieser Fixsternwelten auftreten sehen, von einer Seltsamkeit und Plötzlichkeit, wie wir solche schwerlich auch nur von den wandelbarsten Gestalten unsrer planetarischen Welt erwartet haben möchten.

Blicken wir hinauf zur Milchstraße, die jetzt im höchsten Glanze den ganzen Himmel umspannt! Viele prächtige Sternbilder schwimmen in ihrem bleichen Lichtmeere; aber vier sind es vor allen, für die wir jetzt die Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen möchten: dort hoch oben die reich geschmückte Kassiopeja, darunter der Schwan mit dem funkelnden Deneb, nahe dabei die nördliche Krone, tief unten im Westen der Schlangenträger, dessen letzte Sterne wir noch schimmern sehen. Unter diesem Sternbilde werden wir im Mai noch einzelne Sterne eines fünften auftauchen sehen, des Skorpions im Tierkreise. Diese fünf Sternbilder sind wiederholt der Schauplatz einer der wunderbarsten Begebenheiten des Himmels gewesen,

die alle Welt in Erstaunen setzte. Plötzlich tauchten hier Sterne auf, gespensterhaft loderten sie eine Zeitlang an dem sonst dunklen Raume in einem Glanze, der oft selbst die hellsten Fixsterne verdunkelte, um allmählich wieder zu verlöschen und für immer dem staunenden Blick zu entschwinden, oder in einem kleinen schimmernden Stern die Trümmer ihres kurzen, glänzenden Traumes späteren Tagen zu überliefern.

Die Berichte der Chinesen von solchen außerordentlichen Erscheinungen reichen zurück bis auf das Jahr 134 vor Anfang unsrer Zeitrechnung, und es ist nicht wahrscheinlich, daß den meisten dieser Berichte eine Verwechselung mit ungeschwänzten Kometen zu Grunde liegt. In jenem Jahre erschien nach den Angaben des Buches Wen-Chiang-tung-Kao, dessen Verfasser Ma-duan-lin heißt, zwischen β und ϱ im Skorpion ein neuer Stern. Es ist nicht unmöglich, daß dieser Stern identisch ist mit jenem, der nach dem Zeugnisse des Plinius Hipparch zur Aufstellung seines einst so berühmten Sternkatalogs veranlaßte. Im Jahre 123 nach Chr. findet sich bei Ma-duan-lin die Nachricht, daß ein neuer Stern zwischen den Hauptsternen des Herkules und des Ophiuchus erschienen sei. Fünfzig Jahre später soll derselben Quelle zufolge ein Stern zwischen α und β im Centauren aufgetaucht sein, der nach und nach weiß, gelb, blau, rot und schwarz erschien, d. h. anfangs sehr hell strahlte und nach und nach erlosch. Schriftsteller der römischen Kaiserzeit, arabische und deutsche Astronomen des Mittelalters berichten von ähnlichen Ereignissen. Aber erst in den jüngsten drei Jahrhunderten wurden sie Gegenstand wissenschaftlicher Beobachtung. 21 „neue“ Sterne sind bisher bekannt und von diesen tauchten fünf im Sternbild des Skorpions, vier im Schlangenträger, drei in der Kassiopeja, mehrere im Schwan und seiner nächsten Umgebung auf. Die übrigen erschienen im Centauren, im Schützen, im Adler, im Widder, Orion und in der nördlichen Krone, also sämtlich mindestens in der Nähe der Milchstraße.

Tychos Stern in der Kassiopeja.

Ein solcher plötzlich aus der Himmelsnacht auflodernder Stern war es, der dem bekannten dänischen Astronomen Tycho Brahe, als er während eines Aufenthaltes bei seinem Onkel Steno Bille im ehemaligen Kloster Herritzwald am Abend des 11. November 1572 aus seinem chemischen Laboratorium heimkehrte, nahe am Zenith in der Kassiopeja entgegenstrahlte. Es ist ihm schwerlich zu verargen, wenn er in der ersten Aufregung seinen Sinnen nicht traute und Arbeiter herbeirief, um sich durch ihr Zeugnis dies Wunder bestätigen zu lassen. Da stand ein Stern, dessen blendend weißer Lichtglanz selbst den Sirius und Jupiter

übertraf, der bei Nacht durch Wolken hindurch schimmerte und bei Tage sogar von scharfen Augen erkannt wurde. Zu Ende des Jahres begann der wunderbare Stern zu erbleichen, und sein Licht wurde rot gleich dem des Mars; im April und Mai des nächsten Jahres kehrte zwar seine weißliche Farbe zurück, aber er glich nur noch einem Sterne zweiter Größe; im Dezember war er zu einem Sterne fünfter Größe herabgesunken, und im März 1574 verschwand er endlich, nachdem er 17 Monate geleuchtet, spurlos für das unbewaffnete Auge.

Ein Vierteljahrhundert später wurde abermals das Auge eines berühmten Astronomen durch zwei seltsame Erscheinungen dieser Art an den Himmel gefesselt. Es war Kepler, der im Jahre 1602 im Sternbilde des Schwans einen neu erschienenen Stern erblickte, freilich nachdem er zwei Jahre vorher bereits von dem berühmten Geographen Janson entdeckt worden war. Dieser neue Stern erreichte zwar nur den Glanz eines Sternes dritter Größe, entzog sich aber erst nach 19 Jahren den Blicken des Astronomen. Vielleicht war es derselbe Stern, den Dominique Cassini im Jahre 1655 genau an derselben Stelle aufleuchten und wieder verschwinden sah, und den noch einmal Hevel im Jahre 1665 beobachtete, bis er allmählich zu einem Sterne sechster Größe erbleichte, als welcher er noch heute unverändert dort am Halse des Schwanes schimmert.

Das Sternbild des Schlangenträgers.

Glänzender und überraschender war für Kepler das plötzliche Auflodern eines Sternes am rechten Fuße des Schlangenträgers im Oktober des Jahres 1604. Sein weißes Licht überstrahlte, wenn auch nicht dem des Tychoschen Sternes gleich, alle Fixsterne und selbst den Jupiter, und sein lebhaftes Funkeln erregte das Staunen aller Beobachter. Fünfzehn Monate nach seinem Erscheinen verschwand er im März des Jahres 1606 spurlos vom Himmel.

Noch einmal tauchte im Jahre 1670 in der Nähe des Schwans, am Kopfe des Fuchses ein neuer Stern dritter Größe auf, der nach dem kurzen Dasein von drei Monaten unsichtbar wurde, um zwar im nächsten Jahre als Stern vierter

Größe wieder zu erscheinen, jedoch abermals bald zu verschwinden. Cassini beobachtete ihn zuletzt als Stern sechster Größe im März 1672; seitdem ward er nie wieder gesehen.

Fast 180 Jahre verflossen seit jener Zeit, ohne daß ein ähnliches Wunder sich dargeboten hätte, trotzdem der Himmel jetzt mit Fernröhren aufs sorgfältigste durchmustert wurde, trotzdem genaue Sternverzeichnisse die sicherste Kontrolle über jeden fremden Eindringling am Himmel ermöglichten. Erst am 28. April 1848 gelang dem bekannten Astronomen Russel Hind in London die wichtige Entdeckung eines neuen Sternes vierter bis fünfter Größe, der im Schlangenträger erschien, aber im Jahre 1850 bereits zur elften Größe herabgesunken war und in diesem Glanze verblieb.

So seltsame Ereignisse, namentlich wenn sie, wie zu den Zeiten Tychos, Keplers und Cassinis, zahlreich in den Raum eines Jahrhunderts zusammengedrängt waren, mußten den alten Aristotelischen Glauben an die ewige Unveränderlichkeit des Fixsternhimmels tief erschüttern. Immerhin aber war es für jene Zeit ein kühnes und der großartigen Hypothese eines William Herschel vorgreifendes Wagnis, wenn Tycho öffentlich die Ansicht aufstellte, jener neue Stern in der Kassiopeja sei das Ergebnis einer kürzlich entstandenen Zusammenballung der über den ganzen Weltraum ausgebreiteten Materie, sei eine neue Schöpfung. Den meisten damaligen Gelehrten galt die Welt als durch einen einzigen Akt in ganzer Vollkommenheit geschaffen; der neue Stern mußte mithin so alt als die Welt selbst sein. Um diesen Glauben zu retten, konnte nichts zu gewagt erscheinen in einer Zeit, wo selbst ausgezeichnete Astronomen, wie Cardanus, noch in dem neuen Gestirne den Stern der Magier sahen, der, wie damals die Geburt, so jetzt die Wiederkunft Christi verkünde. Da sollte denn dieser Stern aus weiter Himmelsferne sich der Erde genähert haben, um seinen Glanz den Menschen sichtbar zu entfalten, und dann, als er verschwand, genau in gerader Linie wieder in jene Ferne zurückgekehrt sein. Dagegen sprach freilich der Umstand, daß der Stern, trotzdem er ganz plötzlich in vollem Glanze erschienen war, doch zwölf ganze Monate brauchte, um von der ersten bis zur siebenten Größe abzunehmen, während eine Bewegung, wie die angenommene, jedenfalls die gleiche Geschwindigkeit für sein Gehen und Kommen bedingt hätte. Der schlagendste Einwand aber, den man freilich damals noch nicht machen konnte, ist in der Geschwindigkeit des Lichtes begründet. Wir werden als die unterste Grenze der Fixsternwelt eine Entfernung kennen lernen, welche zu durchlaufen das Licht mehr als drei Jahre braucht. Befand sich nun selbst jener neue Stern im Augenblicke seines plötzlichen Erscheinens an dieser äußersten Grenze, so mußte er, um aus der ersten in die zweite Größe überzugehen, in eine doppelt so große Entfernung hinausrücken. Dazu hätte er aber, selbst wenn er sich mit der Geschwindigkeit des Lichts bewegte, mindestens drei Jahre bedurft; und so hätten vom Augenblicke seiner Lichtabnahme an bis zu dem Tage, an welchem er in zweiter Größe erschien, mindestens sechs Jahre verfließen müssen. Die ganze Lichtabnahme des Sterns bis zur siebenten Größe würde also die Zeit von 36 Jahren erfordert haben, eine Zeit, die an sich

schon für die Bewegung des Sternes die unglaubliche Geschwindigkeit des Lichts voraussetzt. So vermögen also auch die künstlichen Mittel die thatsächliche Geschwindigkeit des Lichts nicht in Einklang zu bringen mit jenen zwölf Monaten, die in Wirklichkeit die Lichtwandlungen des seltsamen Gestirnes umfaßten.

Vergebens bemühte man sich, eine Ursache zu ersinnen, welche geeignet war, so wunderbare Himmelserscheinungen zu erklären. Tycho blieb bei dem Gedanken stehen, Welten entstehen und untergehen zu lassen, wie die vergänglichen Geschöpfe unsrer Erde, Welten in Feuersbrünsten sich verzehren und, um der späteren Beobachtung gerecht zu werden, aus der Asche der alten neue Sonnensysteme aufkeimen zu lassen, die nach kurzem Dasein wieder in Flammen enden sollten. Die Meinung Tychos und besonders Newtons, der in den neu auflodernden Sternen in Brand geratene Sonnensysteme zu sehen geneigt war, fand wegen ihrer scheinbaren Ungeheuerlichkeit lange wenig Beifall. Erst der glückliche Umstand, daß am 12. Mai 1866 ein bis dahin unscheinbares Sternchen 9.—10. Größe plötzlich zur 2. Größe anwuchs, und daß gleichzeitig die Spektralanalyse zur Untersuchung seines Lichtes angewendet werden konnte, hat der Newtonschen Meinung eine beträchtliche Stütze gegeben. An dem genannten Tage war der Stern an Helligkeit beinahe α in der Krone gleich, er nahm aber so rasch wieder ab, daß er am 16. Mai nur noch einem Sterne 4. Größe gleich kam. An jenem Abende untersuchten Huggins und Miller sein Licht spektroskopisch. Sie fanden zwei übereinander gelagerte Spektra, von denen das eine auf einen glühenden festen oder flüssigen Körper, von ähnlicher Konstitution wie unsre Sonne, das andre aber auf einen glühenden gasförmigen Körper, in welchem Wasserstoff vorwaltete, hinwies. Diese Wahrnehmungen erklären sich am einfachsten durch die Annahme, daß jener Stern durch Herabsturz einer andern Masse, vielleicht eines Planeten, in sehr heftige Glut versetzt wurde. Eine solche Annahme hat nichts Unwahrscheinliches, besonders wenn man sich alle Umstände der Erscheinung, das schnelle Auflodern und langsame Verlöschen genau versinnlicht. Wir hätten demnach in den neu auftauchenden Fixsternen die Mitteilungen über wahrhafte Weltkatastrophen vor uns, über Ereignisse, deren furchtbare Großartigkeit unser Vorstellungsvermögen weit übersteigt.

Im November 1876 hat Schmidt in Athen das abermalige Auflodern eines Fixsterns konstatiert, dieses Mal im Sternbilde des Schwans. Am 24. November sah der athenische Astronom diesen Stern, in der Helligkeit der Sterne 3. Größe, neben ϱ im Schwan. Der Stern, berichtete Schmidt, störte die mir genau bekannte Konfiguration der dortigen Sterne, so daß ich ihn augenblicklich für neu erkannte. Kein Sternverzeichnis und keine Himmelskarte enthält an diesem Orte auch nur das kleinste Sternchen, man muß daher annehmen, daß jener Stern vor dem 24. November schwächer als 9. oder 10. Größe war. Übrigens nahm der neue Stern rasch an Helligkeit ab, und schon am 8. Dezember war er 6.—7. Größe. Seine Farbe blieb stets gelblich. Das größte Interesse knüpft sich auch jetzt wiederum an die spektroskopische Beobachtung der „Nova“. Vogel fand das Spektrum verhältnismäßig sehr glänzend, von vielen dunkeln Streifen durchzogen und mit mehreren hellen Linien besetzt, von denen besonders eine im Rot stark hervortrat.

Als der Stern schwächer wurde und das kontinuierliche Spektrum abblaßte, wurden die hellen Linien verhältnismäßig besser sichtbar, und es fand sich, daß sie mit Linien des Wasserstoff- und Stickstoffspektrums zusammenfielen. Das Spektrum des an Licht langsam abnehmenden Sterns konnte übrigens auf der Sternwarte zu Dun Echt in Schottland auch noch bis zum Herbst des Jahres 1877 gesehen werden, es war damals auf eine einzige helle Linie reduziert und glich damit vollständig den Spektren der später zu besprechenden planetarischen Nebelflecke.

Von den neuen Sternen wenden wir uns zu den sogenannten veränderlichen, jenen Fixsternen, die ihre Helligkeit in mehr oder minder regelmäßigen Perioden wechseln.

Im Sternbilde des Walfisches steht einer der merkwürdigsten Sterne des Himmels, dem schon Hevel vor 200 Jahren den Namen des „wunderbaren", der Mira, gegeben hat. Bisweilen überstrahlt der rötliche Ganz dieses Sterns die Sterne zweiter Größe; dann nimmt er wieder allmählich ab bis zur sechsten Größe, ja selbst bis zum Verschwinden, um endlich von neuem wieder aufzuflammen und von neuem zu verlöschen. Die Zeit dieser Lichtveränderung umfaßt ungefähr $331\,^1/_3$ Tage, ist aber nicht immer die gleiche, sondern Schwankungen von mehr als 20 Tagen unterworfen, die nach neueren Untersuchungen von Argelander bis auf einige Ausnahmen wiederum durch periodische Gesetze geregelt scheinen. Auch erreicht er nicht immer die gleiche Höhe seines Glanzes und bleibt bisweilen bei dem bescheidenen Schimmer eines Sterns dritter oder vierter Größe stehen, während er vielleicht in der vorhergehenden Periode fast als Stern erster Größe gestrahlt hatte. Ja selbst die Dauer seiner größten Helligkeit ist veränderlich und schwankt zwischen 20 und 30 Tagen.

Beim Sternbilde des Herkules sehen wir einen andern veränderlichen Stern von nicht minderer Seltsamkeit, den Algol im Kopfe der Medusa. In der überaus kurzen Periode von 68 Stunden 49 Minuten, die überdies selbst in geringem Grade veränderlich ist, behauptet dieser Stern etwa 60 Stunden hindurch den Glanz eines Sterns zweiter Größe, nimmt dann $4^1/_2$ Stunden hindurch bis fast zur vierten Größe ab und geht in gleicher Zeit wieder zum vollen Glanze über. Nach den Untersuchungen von Schönfeld geht die Ab- und Zunahme der Helligkeit sehr gleichmäßig von statten. In neuerer Zeit hat man noch 6 Sterne entdeckt, deren Veränderlichkeit auf wenige Stunden beschränkt ist und die man deshalb als Sterne des Algol-Typus bezeichnet. Einer der interessantesten ist V im Ophiuchus, der etwa $1^1/_2{}^0$ nördlich von dem Sterne Nr. 41 dieses Sternbildes steht. Nach den Beobachtungen von Sawyer und den Untersuchungen von Chandler ist die Dauer seines Lichtwechsels nur 20 Stunden 7,7 Minuten, und innerhalb dieser Zeit sind die Helligkeitsänderungen auf den kurzen Zeitraum von nur 4 Stunden beschränkt. Am Halse des Schwans steht ein veränderlicher Stern, der in Perioden von etwa 406 Tagen zwischen 4. und 13. Größe schwankt. Ebenso wechselt der Stern δ im Cepheus mit großer Regelmäßigkeit in je 5 Tagen 8 Stunden 48 Minuten sein Licht, und eine gleich regelmäßige Periode von 10 Tagen 3 Stunden 42 Minuten zeigt ein zwischen dritter und fünfter Größe schwankender Stern in

den Zwillingen. Bei diesem Stern nimmt die Dauer des Lichtwechsels oder, wie man zu sagen pflegt, die Periode wahrscheinlich langsam zu. Ein Stern dritter Größe in der Leyer zeigt sogar zweimal innerhalb 12 Tagen 21 Stunden 47 Minuten eine Lichtveränderung, indem er einmal zur vierten Größe, dann, nachdem er den Glanz dritter Größe wieder erlangt hat, zur fünften Größe herabsinkt. Auch dieser Stern zeigt eine Zunahme der Periode, die für jeden Turnus des Lichtwechsels im Mittel $^{7}/_{10}$ Sekunde beträgt. Ein kleiner Stern in der nördlichen Krone ist sogar mehrmals völlig unsichtbar geworden, während er dann wieder lange Jahre hindurch seine Größe scheinbar völlig unverändert behauptet hat. Auch ein kleiner Stern im Sobieskyschen Schilde, ein andrer im Wassermann und der bekannte kleine Stern im Schwan, der zu Keplers Zeit neu erschien, scheinen ähnliche rätselhafte Wechsel zu erleiden.

Noch sind nicht mehr als 220 Jahre verflossen, seit zum erstenmal die Aufmerksamkeit der Astronomen auf diese veränderlichen Sterne gelenkt wurde. Mira, Algol und der Stern am Halse des Schwans waren die ersten und einzigen Sterne dieser Art, von welchen das 17. Jahrhundert eine Kunde erlangte. Gegenwärtig ist die Zahl der veränderlichen Sterne auf fast 140 angewachsen, diejenigen ungerechnet, deren Veränderlichkeit noch nicht hinreichend feststeht. Es sind mehrere glänzende Sterne darunter, wie der prachtvolle Stern an der rechten Schulter des Orion, die Hauptsterne der Kassiopeja, des Herkules und der Wasserschlange. Auch Capella und Wega, der Polarstern und einige der schönen Sterne des großen Bären dürfen unzweifelhaft in diese Klasse der veränderlichen Sterne gehören. Eine besondre, erst in neuester Zeit näher erforschte Art solcher Sterne zeigt neben dem Helligkeitswechsel auch eine Veränderung der Farbe. Einer der merkwürdigsten hierhin gehörigen Sterne ist α im großen Bären, der in einem Zeitraum von etwa 5 Wochen seine Farbe zwischen chromgelb und feuerrot verändert.

Den seltsamsten Reichtum an Veränderungen, in denen sich bisher noch nicht die geringste periodische Regelmäßigkeit entdecken ließ, zeigt ein Stern des südlichen Himmels, der Stern η im Schiffe. Schon von Halley im J. 1677 als Stern vierter Größe beobachtet, hatte er sich im J. 1751 zur zweiten Größe erhoben, war aber wieder im J. 1811 zur vierten Größe herabgesunken. Abermals erhob er sich im J. 1822 zum Stern zweiter Größe; sein Glanz erreichte im J. 1827 sogar den Glanz des Haupsternes im südlichen Kreuze, um aber bald wieder zur zweiten Größe herabzusinken und diese Helligkeit mit geringen Schwankungen bis zum J. 1837 zu behaupten. Man wird das Staunen begreifen, das den Astronomen John Herschel erfaßte, als er bei seinem Aufenthalte am Vorgebirge der Guten Hoffnung, am 16. Dezember 1837, denselben noch wenige Wochen vorher beobachteten Stern plötzlich zu einem Glanze angewachsen fand, daß er alle Sterne erster Größe außer Kanopus und Sirius überstrahlte. Ja, dieser Glanz nahm sogar nach einer kurzen Periode der Abschwächung im Jahre 1843 in einem solchen Grade zu, daß er dem des Sirius fast gleich geschätzt wurde. Von da an nahm der Glanz wieder ab, so daß er 1858 kleiner als γ im Kreuze war, 1865 nach den Beobachtungen von Möst a aber kaum der 6. Größe gleich erschien.

Gewiß ist es schwierig, auch nur einigermaßen annähernde Erklärungen für diese so mannigfaltigen und wunderbaren Lichterscheinungen der Fixsternwelt zu finden. Man hat seine Zuflucht zu einer Achsendrehung der Sterne genommen, durch welche uns bald hellere, bald dunklere Seiten zugewendet werden sollten. Diese Annahme würde einigermaßen für die periodisch veränderlichen Sterne passen, wenn nicht auch hier die Unregelmäßigkeit der Lichtperioden, namentlich jenes plötzliche Aufflammen des Lichts vom tiefsten Dunkel zum höchsten Glanze und jene ungleiche Geschwindigkeit der Ab- und Zunahme des Lichts, dagegen spräche. Man hat ferner zur Erklärung dieser Erscheinungen seine Zuflucht zu kosmischen Gewölken genommen, welche zeitweise durch ihr Dazwischentreten den Glanz der Gestirne verdunkeln sollten. Ja man hat sogar endlich eine Astronomie des Unsichtbaren heraufbeschworen und dunkle Sonnen erfunden, welche von leuchtenden umkreist werden sollen. Aber auch diese Annahme würde nur in wenigen Fällen das Rätsel lösen, nämlich bei denjenigen Sternen, welche wie Algol nur eine auf wenige Stunden beschränkte Helligkeitsänderung zeigen. Jedenfalls hat die Forschung hier noch nichts erwiesen, und wir müssen einstweilen noch alle diese Erklärungen mit Humboldt in ein mythisches Gebiet der Astronomie verweisen.

Die Seltsamkeit in den Lichtverhältnissen der Sternenwelt wächst überdies noch durch die Mannigfaltigkeit der Farben, die sie darbietet. Allerdings ist das reine Weiß die vorherrschende Farbe des Sternlichts; aber daneben herrscht in augenfälliger Weise das Rot; und Gelb, Blau, Grün, Violett und Purpur sind nicht selten vorkommende Sternfarben. Man wird kaum anders als in den Gestirnen selbst und in ihrer Naturbeschaffenheit die Ursachen dieser Farbenverschiedenheit suchen können. Da bietet sich aber eine neue Schwierigkeit in einer kaum noch zweifelhaften Farbenveränderung mehrerer Sterne im Laufe sehr langer Perioden. So wurde der Sirius von den Alten als rot bezeichnet, und auch Ptolemäus gibt ihm dieselbe Farbe wie dem Arktur und Beteigeuze. Seit Tychos Zeit ist der Sirius nie anders als weiß gesehen worden, während die beiden andern Sterne noch heute ihre rote Farbe zeigen. Freilich wird man auch über diese Veränderungen nicht so bald zu sicheren Thatsachen gelangen. Klare Aufschlüsse vermochte ich dem Leser über alle diese wunderbaren Ereignisse der Fixsternwelt nicht zu bieten; aber meinen Zweck habe ich gleichwohl erreicht. Der Glaube an die Unwandelbarkeit und Festigkeit des Fixsternhimmels ist jetzt zerstört. Wir haben die festen Sterne sich bewegen, haben die ewigen Sonnen aufflammen und erbleichen sehen; eine Wandelbarkeit hat sich uns in diesen Räumen aufgethan, wie wir solche in unsrer planetarischen Heimat nicht kannten. Gleichwohl habe ich nur die äußere Schale des Himmels zertrümmert. Nur den Schein des Ewigen und Unveränderlichen habe ich vernichtet; das innerlich und wahrhaft Ewige wird um so klarer hervortreten. Der Himmel ist vor uns geöffnet; wir wollen eintreten und mit dem festen, ruhigen Schritte der Wissenschaft seine Räume durchwandeln.

P. Angelo Secchi. E. Halley. K. L. Hencke.

Viertes Kapitel.

Die Grenzen der Fixsternwelt.

Wenn du nicht irrst, kommst du nicht zu Verstand;
Willst du entstehn, entsteh auf eigne Hand!

Als wir zuerst hinaustraten in die schweigende Nacht, um unsre Vorbereitungen für die Reise zu treffen, die wir durch die Tiefen des Himmels unternehmen wollten, da haben wir uns vorzugsweise mit den Mitteln beschäftigt, genaue Ortsbestimmungen am Himmel vorzunehmen und unsre Beobachtung unabhängig zu machen von jedem Schwanken der Erde in ihrem jährlichen Laufe, von jeder Täuschung, welche uns selbst der Lichtstrahl durch Störungen auf seinem Wege oder durch seine natürliche Trägheit bereiten könnte. Jetzt fühlen wir uns im stande, die Himmelsräume zu durchmessen. Die Eigenbewegung der Sterne hat uns davon überzeugt, daß eine Verschiedenheit unter den Entfernungen der Sterne von uns bestehen muß; es war die erste und wichtigste Thatsache, welche den Kristallhimmel der Alten wahrhaft und für immer zerstörte. Das ist keineswegs so paradox, als es uns vielleicht scheint, wenn wir an das verhältnismäßig jugendliche Alter dieser Thatsache denken. Denn in Wahrheit glaubten noch die Astronomen gegen Ende des 16. Jahrhunderts an ineinandergefügte körperliche Bahnen der Sterne und erklärten den plötzlich aufflammenden Glanz neuer Sterne aus einer den Linsen unsrer Leuchttürme ähnlichen Wirkung ihrer ausgebauchten Bahnen.

Da wir unmöglich mit einem Meterstab oder einer Meßkette den Himmel durchmessen können, so müssen wir uns auf solche Mittel beschränken, mit denen wir irdische Entfernungen abzuschätzen pflegen. Da sind wir denn zunächst auf unsre beiden Augen angewiesen. Ich sage nicht umsonst: beide Augen. Denn eines vermag niemals über Entfernungen zu entscheiden. Alles was ein Auge uns zu sagen vermag, ist, daß ein Gegenstand sich in einer gewissen Richtung befinde. Wenn wir aber mit beiden Augen sehen, so tritt ein bestimmter Unterschied in der Richtung der beiden Augen ein. Je näher der Gegenstand ist, desto mehr müssen wir die Augen einwärts kehren, und die Empfindung dieser Augenbewegung ist es, welche in uns eine Vorstellung von der Entfernung des Gegenstandes erweckt. Wenn der Leser daran zweifelt, so können wir ihn durch einen einfachen Versuch überzeugen, der vielleicht manchmal bereits zu Scherz und Kurzweil im heiteren Gesellschaftskreise angestellt wurde. Lassen wir uns ein Auge verbinden und versuchen wir es dann, ohne freilich den Kopf im geringsten zu bewegen, ein vor uns stehendes Licht zu putzen. Es wird uns nicht immer sofort gelingen; wir werden mit der Lichtschere bald weit von dem Lichte entfernt bleiben, bald darüber hinausfahren, weil wir mit dem einen Auge eben die Entfernung nicht vollkommen richtig abschätzen können.

Dieser Unterschied in der Richtung zweier Augen ist es nun in der That, der auch allen Messungen am Himmel zu Grunde liegt; es ist im wesentlichen die Parallaxe der Astronomen. Nur ist für den Astronomen die Erde selbst zum Kopfe geworden, und seine beiden Augen sind Sternwarten. Vermag also eine gleichzeitige Beobachtung von zwei Sternwarten auf der Erde irgend einen merklichen Unterschied in der Richtung eines Sternes nachzuweisen, so ist die Parallaxe gefunden, und die Entfernung des Sternes läßt sich nun nach dem Abstande dieser beiden Sternwarten voneinander gerade so berechnen, wie wir mit unsern Augen die Abstände naher Gegenstände auf der Erde abschätzen.

Freilich kommt jetzt alles darauf an, wie weit wir überhaupt im stande sind, solche Richtungsunterschiede zu beurteilen. Bei unsern Augen ist es die Muskelbewegung selbst, die sie mißt. Der Astronom hat dafür seine Winkelinstrumente und Mikrometer, wie wir dieselben kennen gelernt haben, und in deren Vervollkommnung die mechanische Kunst Wunderbares geleistet hat. Aber, fragen wir, werden ihn nicht diese Instrumente am Ende ebenso verlassen, wie uns unsre Augen bei Entfernungen, die über tausend Meter hinausgehen? Wir müssen, um uns eine Vorstellung von der Größe der hier in Betracht kommenden Winkel zu verschaffen, bedenken, daß eine Kugel von etwa 3 cm Durchmesser uns in einer Entfernung von etwa 100 m unter einem Gesichtswinkel von 1 Minute, aber erst in einer Entfernung von etwa 600 m unter dem Gesichtswinkel von 1 Sekunde erscheinen wird. Dasselbe Verhältnis gilt nun auch für den Himmel. Eine Parallaxe von 1 Sekunde wird auch hier einem Abstande entsprechen, welcher 206205 mal das Grundmaß, d. h. den gegenseitigen Abstand der Beobachtungsorte übertrifft. Wir können es uns geradezu so vorstellen, als ob sich unser Auge an dem Himmelspunkte, dessen Entfernung wir messen wollen,

befände und von dort aus die Linie zwischen den irdischen Beobachtungsörtern betrachtete. Es läßt sich nun sehr leicht berechnen, daß nur eine Entfernung von etwa 350 Millionen Meilen dazu gehörte, damit unsre Erde selbst uns unter dem Gesichtswinkel von 1 Sekunde erschiene. Wir sehen also, wie weit auch jene beiden Sternwarten auf der Erde auseinander liegen möchten, und wäre es um den ganzen Durchmesser der Erde, um 1718 Meilen, so würde selbst eine Parallaxe von 1 Sekunde, die wir zu beobachten im stande wären, doch nur einer Entfernung von 350 Millionen Meilen entsprechen, und wir würden damit noch nicht einmal über unser Planetensystem, kaum über den Neptun hinaus gelangt sein. In solcher Nähe aber Fixsterne suchen zu wollen, wäre Thorheit. Damit ist nun von vornherein jede Aussicht abgeschnitten, von der Erde aus, wie weit wir auch unsre beiden Augen auseinander zerren möchten, eine Fixsternparallaxe zu beobachten. Für die ruhende Erde sind die Sterne eben unerreichbare, festgeheftete Lichtpunkte.

Weite Entfernungen können wir indes auch auf der Erde nicht mit unsern beiden Augen abschätzen, weil unsre Empfindung zuletzt schweigt, unser Gehirn nichts mehr bemerkt von den unendlich kleinen Drehungen der beiden Augenachsen. Wir machen es dann wie der Einäugige, der, um selbst kleine Entfernungen abmessen zu können, den Kopf ein wenig zur Seite bewegen muß, und wir sind ja in der That in bezug auf den entfernten Gegenstand einäugig geworden. Wir bewegen uns daher eine Strecke fort und vergleichen den neuen scheinbaren Ort des fernen Gegenstandes mit dem alten, dessen wir uns vorher auf das genaueste versichert haben. Wir gewinnen so wieder einen Winkelunterschied, eine Parallaxe, die uns auf die Entfernung des Gegenstandes im Verhältnis zur neuen Grundlinie, d. h. zum Abstande der beiden Beobachtungsörter, schließen läßt.

Auch dem Astronomen ist, wie wir gesehen haben, die Erde einäugig geworden, und da er sie nicht verlassen und etwa auf einem zweiten Himmelskörper noch eine zweite Sternwarte errichten kann, so läßt er sich samt seiner Sternwarte, seinem großen Weltauge, von der Erde selbst 40 Millionen Meilen weit durch den Weltraum tragen. So hat er eine gewaltige Grundlinie gewonnen, und es ist begreiflich, daß diese nicht ebenso in der Unermeßlichkeit des Weltraumes verschwindet, wie es uns mit der Erde selbst geschah.

So lange unsre Erde für stillstehend galt, lag in einer Unverrückbarkeit der Fixsterne nichts Befremdendes. Als Kopernikus seinen bedeutungsvollen Satz von der Bewegung der Erde um die Sonne aufstellte, war dieser zunächst noch nichts, als was die Theologen ein Dogma nennen möchten, ein Glaubenssatz, der sich auf eine Menge von Vernunftgründen stützte, für den indes noch kein thatsächlicher Beweis in der Natur gefunden war. Aber die naturwissenschaftlichen Dogmen sind nicht beschränkende, der Forschung Stillstand gebietende Normen, sondern gleichsam Aufrufe an die gesamte Forscherwelt, Ausgänge unendlich segensreichen Schaffens. Das Kopernikanische Dogma verlangte einen Beweis, und kein besserer konnte gefunden werden, als die Parallaxe der Fixsterne, da sie mit Notwendigkeit aus einer fortschreitenden Bewegung der Erde folgen muß.

Kopernikus, Tycho Brahe und die ganze Reihe der Astronomen des 17. und

18. Jahrhunderts suchten ohne Unterlaß nach einer Parallaxe der Fixsterne. Sie beobachteten (Fig. S. 441) einen Stern S'' einmal in der Sellung der Erde E, dann ein halb Jahr später in der Stellung E'. Aber vergebens, die beiden Richtungen ES'' und E'S''' blieben parallel, als ob der Stern in unendlicher Ferne stände. Es fand sich nicht ein einziger Stern, der für zwei solche Beobachtungen einen meßbaren Winkelunterschied ESE' ergeben hätte. Glaubte man einmal einen solchen Unterschied ermittelt zu haben, so lag er so weit außer aller Wahrscheinlichkeit, daß man ihn nur aus Irrtümern der Beobachtung ableiten konnte. Dessenungeachtet ermüdete man nicht. Man suchte vor allem die Grenzen der Beobachtung weiter hinauszuschieben, und damit rückten freilich auch die Sterne tiefer in die Himmelsnacht hinaus. Bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts war die Genauigkeit der astronomischen Messung nicht über halbe Grade hinausgegangen, und da eine Parallaxe nicht innerhalb dieser Grenzen gefunden ward, mußte man schließen, daß die Fixsterne mehr als 115 Halbmesser der Erdbahn von uns entfernt seien. Tycho Brahe brachte die Sicherheit seiner Beobachtung schon auf 5 Minuten und damit die Grenze des Fixsternhimmels auf 700 Sonnenweiten. Zu Anfang des 18. Jahrhunderts konnte man sich selbst auf einzelne Minuten verlassen, und Bradleys sinnreiche Verbesserungen gaben endlich eine Gewähr selbst für Sekunden. Jetzt war eine Grenze erreicht, innerhalb deren sich eine Parallaxe zeigen mußte, wenn nicht die Fixsterne auf mehr als 200 000 Sonnenweiten in den fernen Raum hinausgestoßen werden sollten.

Freilich kam hier noch eine andre Frage ins Spiel, ob man nämlich bisher auch im stande gewesen war, die Ortsbestimmung der Sterne sorgfältig von jeder fremden störenden Einwirkung frei zu erhalten. Jetzt kam Bradley und entdeckte die Lichtabirrung der Sterne als eine unmittelbare Folge der Bahnbewegung der Erde und damit als ihren ersten direkten Beweis. Es war eine scheinbare Ortsveränderung von etwa $20^1/_4$ Sekunden, welche diese Lichtabirrung für die Sterne bewirkte. Dazu kam nun noch das Vorrücken der Nachtgleichen, welches jährlich 50, und das Wanken der Erdachse, welches bis 9 Sekunden im Jahre betragen kann. Bei solchen Störungen war das bisherige Mißlingen alles Suchens nach einer Parallaxe nicht mehr befremdend. Jetzt aber, wo man seine Beobachtungen in so sicherer Weise berichtigen konnte, ging man mit frischem Mute an die nie verlassene Arbeit, und nachdem man auch die Schärfe der Beobachtungsmittel auf Zehntelsekunden gesteigert, also die Grenzen des erreichbaren Himmelsraumes auf 2 062 648 Sonnenweiten erweitert hatte, durfte man hoffen, daß es gelingen müsse, nicht mehr in Zweifel zu ziehende Parallaxen der Fixsterne aufzufinden. Gleichwohl sollte noch manches Jahrzehnt vergehen, ehe die langjährige Mühe der Astronomen durch den Erfolg gekrönt ward.

Die Schwierigkeiten waren noch immer nicht ganz beseitigt. Die beiden Beobachtungen eines Sternes, durch welche man seine Entfernung messen wollte, mußten zu zwei entgegengesetzten Zeiten des Jahres ausgeführt werden, und derselbe Stern, den man das eine Mal im Meridian bei Nacht und zur Winterszeit beobachtete, erschien das andre Mal im Meridian bei Tage und zur Sommerszeit.

Die Beschaffenheit der Luft ist aber in beiden Zeiten sehr verschieden, und damit auch ihr Einfluß auf das Instrument, auf die kleinen Teilungsfehler, vor allem auf die Brechung des Lichts verschieden. Auch die abweichenden Werte der Nutation und Lichtabirrung können leicht eine kleine Unsicherheit in der beobachteten Parallaxe bewirken. Selbst die gewissenhafteste Erwägung aller Nebenumstände konnte also nicht vor Fehlern schützen, die, wenn sie sich auch nur in Grenzen von Zehntelsekunden bewegten, schon die ganze beobachtete Parallaxe vernichten mußten.

Endlich fragte es sich auch — und diese Frage war gewiß nicht gleichgültig — welcher unter den vielen Tausend Sternen wohl am geeignetsten für eine solche Beobachtung sei, welcher wohl die größte Wahrscheinlichkeit einer meßbaren Entfernung biete. Daß die hellsten Sterne nicht auch immer die nächsten sind, das hatten die vielfachen verunglückten Versuche, ihre Parallaxe zu finden, hinlänglich bewiesen. Aber wenn man sich nun zu den schwächeren Sternen wandte, welchen sollte man aus diesen Hunderttausenden herausgreifen, ohne die Gefahr jahrelanger, fruchtloser Mühen zu laufen? Da war es der Scharfsinn Bessels, des Königsberger Astronomen, der einen Ausweg aus allen diesen Schwierigkeiten fand und ein neues Mittel ersann, den Himmel zu erobern. Er bot auf der einen Seite eine gewisse Anleitung zur Wahl derjenigen Gestirne, welche die meiste Aussicht auf Erfolg versprachen, und gewährte auf der andern Seite gleichzeitig ein Mittel, um unter den gleichen Bedingungen der Jahreszeiten messen zu können, unabhängig von allen Störungen der Luft oder der Erdbewegung, ja sogar unabhängig von dem Winkelinstrument, in ähnlicher Weise etwa, wie man unter dem Mikroskope zu messen pflegt, mit Hilfe eines gewöhnlichen Mikrometers. Mit Einführung dieser sinnreichen Methode beginnt in den Jahren 1832—1838 die Epoche einer wenigstens einigermaßen zuverlässigen Bestimmung von Fixsternparallaxen.

Erklärung der Parallaxe der Fixsterne.

Ich muß den Leser hier auf eine nicht genug beachtete Erfahrung in der Geschichte der Wissenschaften aufmerksam machen. Ihre glücklichsten Entdeckungen verdankt die Wissenschaft der Übertragung bekannter Verhältnisse auf unbekannte Gebiete. Es ist aber keineswegs bloß ein glücklicher Einfall, der dazu anleitet, sondern vielmehr die unantastbare und ewige Grundwahrheit, daß ein gleiches Gesetz sich durch alle Räume und Erscheinungsformen der Natur zieht.

Der Wandrer im Walde sieht rechts und links die Bäume an sich vorüberziehen, und je schneller sie ziehen, desto näher weiß er sie. Diese Erfahrung war es, welche Bessel auf den Himmel übertrug. Die Eigenbewegung der Sterne hatte

ihn gelehrt, daß auch wir mit unsrer Erde und unserm Sonnensysteme durch den Sternwald des Himmels dahineilen und daß die Sterne rechts und links an der wandernden Sonne vorüberfliegen, gleich jenen Bäumen. Welcher Schluß lag näher, als daß auch hier der größern Geschwindigkeit die größere Nähe entspreche, ausgenommen etwa jene Gegend des Himmels, nach welcher unsre Wanderung hingerichtet ist? Bessel zog diesen Schluß. Er nahm die Eigenbewegung der Sterne als ein Anzeichen ihrer Nähe, und obgleich, wie wir heute wissen, dieser Schluß im allgemeinen keineswegs richtig ist, so bewährte er sich doch im gegebenen Falle, denn das Glück unterstützt das Genie!

Unter den hellen Sternen des Himmels waren es besonders Sirius und Arktur, welche eine starke Eigenbewegung zeigten, und gerade sie waren es gewesen, die noch am meisten die Hoffnung der Astronomen auf das Auffinden einer Parallaxe aufrecht erhalten hatten. Aber die größte Aufmerksamkeit Bessels erregte ein kleiner Stern im Schwane, der in so vielfacher Beziehung berühmt gewordene 61ste dieses Sternbildes, der sich durch eine so bedeutende Eigenbewegung hervorthat, daß seine Ortsveränderung am Himmel seit dem Anfange unsrer Zeitrechnung, wie wir bereits wissen, über sechs Vollmondbreiten erreicht hat. An ihm hoffte Bessel mit Zuversicht eine Parallaxe zu finden, und er täuschte sich nicht.

Bei der zu erwartenden Kleinheit dieser Parallaxe kam es aber, wie ich vorhin andeutete, darauf an, die störenden Einflüsse der Erdbewegung und der Atmosphäre aus der Beobachtung zu entfernen. Es ist die zweite wichtige Seite der Besselschen Methode, die ich hier berühre. Wieder half hier eine alltägliche Erfahrung. Im Walde vermag ein Wanderer die scheinbare Ortsveränderung eines Baumes am besten an einem andern dicht daneben, aber in möglichster Ferne dahinter stehenden Baume zu beobachten. Warum sollte das nicht auch auf den Himmel eine Anwendung finden? Man darf ja nur zwei nahe nebeneinander stehende Sterne S'' und S''' aufsuchen, so nahe, daß vielleicht nur das Fernrohr sie scheidet, von denen aber der eine S''' unermeßlich weit entfernt ist, so daß keine Veränderung seiner Stellung an ihm wahrgenommen werden kann. Gestattet der andre Stern dann überhaupt die Beobachtung einer Parallaxe, so hat man nur zu zwei um ein Halbjahr verschiedenen Zeiten des Jahres bei den Stellungen der Erde in E und E' die von den Sternen gebildeten Winkel S E S'' und S E' S''' zu beobachten, deren Unterschied die Parallaxe angibt. Diese Beobachtungen sind völlig unabhängig von den Störungen der Lichtbrechung, da beide so nahe Sterne jedenfalls gleiche Lichtbrechung erleiden, aber auch unabhängig von dem Vorrücken der Nachtgleichen, dem Wanken der Erdachse und der Lichtabirrung, da auch diese Einflüsse bei jeder Beobachtung für beide Sterne die gleichen sind, also den gemessenen Winkel ungestört lassen. Überdies sind beide Sterne gleichzeitig im Felde des Fernrohrs sichtbar und gestatten daher die Messung ihres Abstandes mit einem gewöhnlichen Mikrometer vorzunehmen, dessen Feinheit eine außerordentliche ist. Die ganze Unsicherheit beschränkt sich einzig auf die vielleicht bisweilen irrige Voraussetzung des völligen Mangels einer Parallaxe bei dem fernen Vergleichsterne.

Auf diese Weise hat Bessel in den Jahren 1837—1838 die Parallaxe des 61sten Sternes im Schwane bestimmt. Seine Untersuchungen sind später von Struve, Johnson und Auwers fortgesetzt worden und haben auf eine Parallaxe von 0,5 Sekunde und damit auf eine Entfernung des Sternes von 400 000 Erdbahnhalbmessern oder 8 Billionen Meilen geführt.

Andre Astronomen, namentlich die beiden Struve und Peters im Norden, Maclear und Henderson im Süden, folgten ihm auf diesem Wege, und ihren vereinten Bemühungen ist es gelungen, für eine freilich noch kleine Zahl von Sternen Parallaxen zu finden; doch dürfen wir die Genauigkeit derselben nicht zu hoch anschlagen, ja eigentlich geben diese Messungen weiter nichts als eine obere Grenze für den Wert der Parallaxe oder die geringste Entfernung von der Erde, welche der betreffende Fixstern höchstens haben kann.

Unter allen diesen bisher bestimmten Parallaxen galt lange als eine der sichersten die eines schönen Sternes des südlichen Himmels, des Hauptsternes des Centauren. Es ist die größte bisher gefundene Parallaxe, die darum diesen Stern als den nächsten aller bekannten bezeichnet. Die früheren Messungen haben diese Parallaxe zu 0,919 Sekunden festgestellt, und das entspricht einem Abstande von 224 520 Sonnenweiten oder $4^2/_3$ Billionen Meilen, neuere Untersuchungen machen jedoch diesen Wert wieder sehr zweifelhaft. Noch viel weniger zuverlässig ist die Parallaxe der Wega, die von O. Struve 0,156 Sek. angegeben wird und also 1 322 210 Sonnenweiten oder $27^1/_3$ Billionen Meilen entspricht. Brünnow hat später durch zahlreiche neue Messungen die Parallaxe der Wega zu 0,2061 Sekunden bestimmt, welcher eine Entfernung von 20 Billionen Meilen entspricht. Die Parallaxe des Sirius beträgt nach Gylden 0,193 Sekunden, einem Abstande von 1 069 000 Sonnenweiten oder 20 Billionen Meilen entsprechend. Ganz unsicher sind die Parallaxen des Arktur und der Capella, erstere im Betrage von 0,127 Sekunden und einer Entfernung von 1 624 000 Sonnenweiten oder 32 Billionen Meilen entsprechend, letzere im Betrage von 0,046 Sekunden und die Entfernung auf 4 484 000 Sonnenweiten oder 60 Billionen Meilen festsetzend.

Wenn nicht ganz neue Mittel und Wege zu weit feineren Messungen gefunden werden, ist von der Ermittelung fernerer Fixsternparallaxen so gut wie nichts zu hoffen. Denn daß bei den heutigen Hilfsmitteln Winkelwerte von 0,05" in keiner Weise mehr zu verbürgen sind, bedarf kaum der Erinnerung. Jedenfalls wissen wir aber als Ergebnis aller bisherigen Bemühungen auf diesem Gebiete, daß die hellsten Fixsterne des Himmels keineswegs die uns nächsten sind, daß es überhaupt kein sicheres Kriterium gibt, wonach man ohne spezielle Unterstützung die relativen Entfernungen der Sterne einigermaßen schätzen könnte, und daß endlich in allen Fällen die Distanzen der Fixsterne von unsrer Erde Billionen von Meilen betragen.

Zu fassen werden wir in unsrer Vorstellung diese ungeheuren Räume, diese Billionen von Meilen, nicht vermögen. Dazu ist jedes irdische Maß zu klein. Gleichwohl will ich versuchen, sie unsrer Anschauung näher zu bringen, indem ich einem bekannten irdischen Gebrauche mich anbequeme, Märsche nach Stunden zu messen. Ich wähle aber den schnellsten Läufer zwischen Himmel und Erde, den

Lichtstrahl, um jene Räume zu durchmessen. Der Raum nun, welchen dieser Lichtstrahl, der bekanntlich in 8 Minuten 18 Sekunden den Weg von der Sonne zu uns zurücklegt, in einem Jahre durchläuft, sei unsre himmlische Wegstunde, ein Raum, welcher 63 000 Sonnenweiten, jede zu 20 000 000 Meilen gerechnet, umfaßt. 3 Jahre und 199 Tage würde also das Licht gebrauchen, um den Raum zu durchmessen, der jenen bis jetzt für den nächsten aller Fixsterne gehaltenen Stern im Centauren von uns trennt; 6 Lichtjahre würden die Entfernung jenes kleinen Sternes im Schwan, 14 Lichtjahre die Entfernung des Sirius messen.

In unermeßliche Fernen habe ich den Leser geleitet. Lichtstrahlen sind ihm begegnet, die lange vor seiner Geburt von den Welten des Himmels ausgingen. Wenn heute dort in den Tiefen eine solche Welt zertrümmert würde, eine Sonne verlöschte, nach Jahrhunderten noch würde die Menschheit von den Lichtstrahlen der verschwundenen Welt getroffen werden und erst staunen über ihren Untergang, wenn sie längst nicht mehr da ist. Denn was hindert uns, auf den Schwingen des Gedankens in Tiefen zu dringen, aus denen der Lichtstrahl Jahrhunderte und Jahrtausende braucht, um zur Erde zu gelangen? Was hindert uns, von Welten zu Welten zu eilen, zu denen jetzt erst Lichtstrahlen gelangen, die aus den dunklen Anfängen der Menschengeschichte aufstiegen? Was hindert uns? — sage ich noch! — Die Wissenschaft wird uns zwingen zu solchem Fluge, und der Gedanke selbst wird uns schwindeln vor den Zahlen des Jenseits, die Lichtjahre umfassen! Und doch sollen wir Ruhe finden, Ruhe selbst in jener Unermeßlichkeit, die Ruhe gesetzlicher Ordnung und Einheit!

Ansicht eines älteren (aus dem vorigen Jahrhundert stammenden) Fernrohres und der Vorrichtungen für den Gebrauch desselben.

Sternhaufen im Sobieskyschen Schilde. Nach Helmert.

Fünftes Kapitel.

Die Doppelsterne und die mehrfachen Sterne.

> Ein Licht zu suchen, das den Geist entzünde,
> War ein gemeinsam köstliches Betrachten,
> Ob nicht Natur zuletzt sich doch ergründe.
> Und manches Jahr des stillsten Erdenlebens
> Ward so zum Zeugen edelsten Bestrebens.

Viele Billionen Meilen weit haben wir uns über unsre Erde, über unser Sonnensystem erhoben. Erde und irdisches Maß sind vergessen; denn das Sonnensystem selbst ist längst zu einem Punkte geschwunden. Hier gebraucht selbst der schnelle Flug des Lichts Jahre, um die Räume von einer Welt zur andern zu durchmessen. Der Himmel hat jetzt eine andre Bedeutung für uns gewonnen. In solchen Entfernungen erweitern sich die kleinsten Räume zu gewaltigen Weiten. Ein Pünktchen von der Größe der Venusscheibe dehnt sich in den Fernen der Wega zu einer Größe von vielen Millionen Meilen aus, zu einer Größe, die weit den Umfang unsres gesamten Sonnensystems übertrifft. Sollte die Hoffnung nicht berechtigt sein, daß in solchen Räumen auch neue Wunder sich aufthun werden? Sollte nicht, wie das Mikroskop den Wassertropfen in eine Lebenswelt verwandelt, so das Teleskop auch den Lichttropfen am Himmel — denn das ist für unsre Augen ein Kreis vom Durchmesser einer Sekunde, gleichviel ob er in den Fernen der Wega 140 Millionen oder in den Fernen der Capella 460 Millionen Meilen umspannt — zu einer wunderreichen Welt erweitern! Es ist Zeit, daß wir uns nach diesen

Wundern umschauen, daß wir auch dem Auge nahe rücken, was dem erwägenden Gedanken und messenden Verstande durch die Zahl schon genähert ist.

In den Sitten und Gebräuchen des Volkes erblicken wir bisweilen auch noch vereinzelte Lichtstrahlen früherer Jahrhunderte. Aber der Geist ist aus diesen Formen entschwunden. Die Einflüsse der Kultur oder die Gebote der Mächtigen haben die Gedanken daraus vertrieben. Anders ist es in den Himmelsräumen als in der Geschichte. Die Gedanken schwinden hier nicht, sie wachsen. Der kleinste Gedanke breitet hier allmächtig seine Schwingen über die ganze Welt des Himmels aus, um zuletzt uns selbst und unsern Wohnsitz aufzunehmen unter den Schutz ewiger Gesetze. Nicht ferner rückt uns das Leben des Himmels, sondern immer näher und näher, zu einem Vorbilde unsres eignen sich gestaltend. Es ist Zeit, daß wir, solche Gedanken in die Wirklichkeit umsetzend, jenes Leben am Himmel aufsuchen.

Glänzende mächtige Welten umschweben uns, lichtvolle Riesensonnen. Wir haben die öderen Regionen verlassen; nicht mehr vereinzelt, zerstreut erscheinen die Welten; immer dichter scharen sie sich, selbst zu Gruppen scheinbar vereinigt. Unser Auge ist reich beschäftigt, und doch überfällt uns in diesem Weltengewühle ein Heimweh, ähnlich jenem im Menschengewühl fremder, volkreicher Städte. Es dünkt uns hier alles einander so gleichgültig, so kalt; keines kümmert sich um das andre, kein gemeinsames Interesse, kein Band der Freundschaft, kein Gesetz verknüpft sie. Wie ganz anders war es doch in unsrer Heimatwelt! Wie innig verschlungen umtanzten die geschwisterlichen Welten den gemeinsamen Schwerpunkt! Wie suchte da jede die andre zu leiten und zu locken, jede der andern zu leuchten! Hier ist alles kalte Selbstsucht!

Ein schöner heller Stern unweit des Himmelspols zieht unsern Blick auf sich. Es ist ein alter Bekannter, der uns mit blitzendem Lichtstrahl grüßt, der Mizar im großen Bären! Täglich sehen wir ihn an der Deichsel des Himmelswagens, und wir waren stolz auf die Schärfe unsrer Augen, wenn es uns einmal glückte, über ihm noch ein kleines Sternchen, den Alkor, das Reiterlein, wie wir es nannten, zu entdecken. Den sehen wir hier freilich nicht mehr; denn selbst der Lichtstrahl müßte ja viele, viele Jahre reisen, ehe er zu ihm gelangte. Wir täuschten uns, weil wir die hintereinander stehenden Sterne für nebeneinander stehend hielten. Aber täuschen wir uns nicht jetzt auch? Sehen wir doch noch immer einen neben ihm stehenden Stern, der kaum viel weiter als der Neptun von unsrer Sonne von ihm entfernt sein kann! Nein, wir täuschen uns nicht. Der Mizar ist einer jener Doppelsterne, wie sie die Astronomen nennen, und deren Entdeckung unsres Herschel unsterblichen Ruhm begründete. Wir sehen, wie sie umeinander ihre Kreise schlingen, wie sie, ein trautes Geschwisterpaar, ihren gemeinsamen Schwerpunkt umtanzen! Schauen wir mehr um uns! Da ist ein andrer heller Stern — er steht an der rechten Seite der Jungfrau — nähern wir uns ihm oder richten wir eins unsrer raumdurchdringenden Fernrohre auf ihn, und auch dieser uns bisher einfach erschienene Stern wird sich in zwei gleich helle, gelbliche Sterne auflösen! Auch der Kastor dort, dann der schöne Hauptstern des Centauren, dem wir begegneten, werden sich für scharfe Blicke verdoppeln. Sehen wir vollends dort

jenen Stern an der linken Schulter des Schwans oder jenen prachtvollen in der Mähne des Löwen, und wir werden nicht bloß zwei Sterne statt eines, sondern sogar zwei von verschiedner Größe und verschiedenem Lichte, hier den einen gelb, den andern rötlich, dort den einen in grünem, den andern in goldfarbenem Lichte funkelnd erblicken!

Unser erster Überblick schon hat uns höchst interessante Verhältnisse enthüllt, und der Leser darf dabei nicht glauben, daß wir etwa zufällig auf einige Seltenheiten des Himmels aufmerksam geworden sind. Nur die Blödigkeit unsres Auges war daran schuld, wenn uns diese Doppelsterne, deren der Astronom jetzt bereits gegen 6000 am Himmel zählt, bisher entgingen. Denn freilich gehören sehr scharfe Teleskope dazu, um die meisten von ihnen sichtlich zu trennen. Bald zu zwei, bald zu drei und mehreren verbunden, bald durch größere, bald durch kleinere Abstände voneinander geschieden, bald von gleicher, bald von verschiedener Größe, bald von gleicher, bald von verschiedener Farbe, sind sie über das ganze Himmelsgewölbe verbreitet.

Der Doppelstern Mizar im großen Bären.

Der Leser wird fragen, was denn übrigens Wunderbares an diesen Doppelsternen sei, außer etwa der überraschenden Schärfe astronomischer Beobachtungsmittel, die sie entdeckte? Folgt denn daraus, daß der Astronom diese Sterne so nahe nebeneinander sieht, auch schon, daß sie in Wirklichkeit Nachbarn sind? Können sie nicht vielleicht nur in gleicher Richtung hintereinander gestellt sein und uns darum so nahe erscheinen, in Wirklichkeit aber sogar weiter voneinander entfernt sein, als zwei von uns an den entgegengesetzten Punkten des Himmels erblickte Sterne? Manchen dieser Sternpaare gegenüber sind solche Zweifel allerdings gerechtfertigt. Das Wunderbare aber liegt eben in der innigen Beziehung, die unzweifelhaft mehrere dieser gepaarten Sterne zu einander zeigen. Es sind in der That, wie jener Lichtstrahl uns andeutete, und wie wir uns noch genauer überzeugen werden, Systeme einander umkreisender Sterne, engverbundene Weltenpaare, die Hand in Hand ihren großen stillen Gang von Weltraum zu Weltraum wandeln. Das ist das neue Wunder, der neue Gedanke, der sich uns hier aufthut; das war es aber auch, was zur Zeit ihrer Entdeckung die gelehrte Zweifelsucht solange beschäftigte.

Kopernikus hatte die Erde entthront, aber die Herrschaft der Sonne schien nur um so fester gegründet. Sie, die an Masse 700mal die gesamten planetarischen Körper übertrifft, schien ein unstreitbares Recht zu haben, in majestätischer Ruhe

die Mitte ihres Reiches einzunehmen. Sie allein sendet ja Wärme und Licht den dunklen und kalten Welten zu, die sie umschwärmen, um ihre Gnadenstrahlen einzufangen. Wie konnte man es also wagen, von Fixsterntrabanten, von selbständigen, leuchtenden und doch einander umkreisenden Sonnen zu sprechen?

Schon vor zwei Jahrhunderten hatte man Doppelsterne beobachtet, und im Jahre 1700 entdeckte G. Kirch, daß der schöne Stern Mizar im großen Bären noch einen sehr nahen, teleskopischen Begleiter hat, während der entferntere, Alkor, bekanntlich schon mit bloßen Augen zu sehen ist. Zwei scharf denkende Astronomen, Lambert und John Michell, hatten später die Ansicht ausgesprochen, daß es Fixsterne geben möge, die nicht bloß scheinbar, sondern in Wirklichkeit einander nahe seien und unter der Einwirkung eines allgemeinen Gesetzes sich um den Mittelpunkt ihrer Schwere bewegen. Man hatte dieser Ansicht kaum eine Beachtung geschenkt. Als aber der Astronom Christian Mayer zu Mannheim in den Jahren 1778 und 1779 seine Beobachtungen von 100 Doppelsternen geradezu unter dem Namen entdeckter Fixsterntrabanten veröffentlichte — beiläufig Beobachtungen, die zum Teil noch heute von Wichtigkeit sind — da erging sich die gelehrte aber systemgläubige Welt in maßlosem Hohn und Spott über den unglücklichen Entdecker. Damals war die Zweckmäßigkeit ein erster Gesichtspunkt. „Wozu nützte diese Bewegung lichter Körper um ihresgleichen?“ fragte einer der gelehrtesten Gegner dieser Entdeckung, der Petersburger Akademiker Nikolaus Fuß. „Bei uns ist die Sonne allein die wirkende Ursache der Bewegung unsres und der übrigen Planeten, und zugleich die Quelle, aus welcher sie sämtlich Licht und Wärme schöpfen; dort würden es Systeme von lauter Sonnen sein, die von andern an Größe und Glanz vielleicht unterschiedenen Sonnen beherrscht würden. Ihre Nachbarschaft und ihre Bewegung würden ohne Zweck und ihre Strahlen ohne Nutzen sein, weil sie nicht Körper mit Licht zu versorgen brauchen, denen es selbst zu teil ward. Wenn die Trabanten lichte Körper sind, was ist der Zweck ihrer Bewegung?“

Aber diese Dinge, um mit den Worten Aragos zu reden, die vor 80 Jahren zu nichts dienlich erschienen, diese Dinge ohne Zweck und Nutzen sind wirklich vorhanden und müssen zu den schönsten und sichersten Wahrheiten in der Astronomie gezählt werden. William Herschel stellte nur wenige Jahre später sein Riesenteleskop in dem kleinen englischen Flecken Slough auf und durchleuchtete mit der Fackel seines Geistes die nächtlichen Tiefen des Himmels. Er verwandelte den Gegenstand der Lächerlichkeit in erhabene Wirklichkeit und entzog das Wunder der Doppelsterne allem Zweifel.

Ein für den Hochmut jener Gelehrtenzunft besonders beschämender Umstand, auf den O. Struve zuerst aufmerksam machte, liegt darin, daß die gegenseitige Abhängigkeit der zu Doppelsternen gepaarten Sterne, die allerdings gegenwärtig die Frucht zahlreicher und schwieriger Untersuchungen ist, für ein scharfes Auge schon aus dem bloßen Anblick eines Verzeichnisses der Doppelsterne hervorgehen müßte. Eine bloße Wahrscheinlichkeitsrechnung also hätte darauf führen können. Wenn wir nämlich eine handvoll Getreidekörner über ein Schachbrett ausstreuten, so würde die Wahrscheinlichkeit, daß die Körner paarweise in den Feldern des Bretts zu

liegen kommen, offenbar gleichzeitig mit der Größe der Felder abnehmen. Lassen wir den Himmel unser Schachbrett sein, über das wir den Zufall die Sterne ausschütten lassen. Bei der Annahme völliger Unabhängigkeit zwischen allen über den Himmel zerstreuten Sternen würde natürlich die Zahl der gepaarten Sterne um so geringer ausfallen, je geringer wir ihren Abstand voraussetzen. Es wird aller Wahrscheinlichkeit nach weniger Sterne geben, die um 4 Sekunden, als solcher, die zwischen 4 und 8 oder zwischen 8 und 16 oder gar zwischen 16 und 32 Sekunden voneinander entfernt sind. Nehmen wir für den bei uns sichtbaren Teil des Himmels in runder Zahl 40000 Sterne erster bis achter Größe an, so findet man, daß nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung bloß 2 Doppelsterne bis zu 12 Bogensekunden Abstand vorkommen können und bloß 8 bis zu 32 Sekunden Distanz. Nun finden sich aber in dem Verzeichnis von 3057 Doppelsternen, welches Struve aufgestellt hat, 987 Sternpaare mit einem Abstande von weniger als 4 Sekunden, aber nur 675 mit einem Abstande von 4—8 Sekunden, 659 mit einem Abstande von 8—16 Sekunden und 736 mit einem Abstande von 16—32 Sekunden. Es tritt also gerade das Gegenteil von jener Wahrscheinlichkeit ein, und somit müssen wir die Voraussetzung, für welche sie stattfinden sollte, aufgeben, d. h. annehmen, daß die Doppelsterne nicht nur zufällig und scheinbar einander nahe stehen, sondern daß sie in Wirklichkeit vielmehr miteinander verbundene Systeme bilden.

Solcher Wahrscheinlichkeitsrechnung hat die Wissenschaft nicht einmal bedurft, um durch ihren Machtspruch das Dasein umeinander kreisender Sonnen zu verkünden. Mit dem Auge und mit der Rechnung ist sie ihnen gefolgt und hat in den ungemessenen Räumen des Himmels Bewegungen erforscht, die für die Allgemeinheit der Naturgesetze zeugen.

Wie es so häufig in der Welt geschieht, daß man das eine sucht und das andre findet, so hatte auch Herschel, unbekümmert um die von aller Welt verlachte Behauptung Christian Mayers, in den Doppelsternen nur Mittel gesucht, um nach einem von Galilei gemachten, später von Bessel glänzend bewährten Vorschlage ihre Entfernungen von der Erde, ihre Parallaxen, zu messen. Er ging von der Voraussetzung aus, daß die nahe Berührung dieser Sterne nur eine scheinbare sei, daß der meist auffallende Unterschied ihrer Größen nur die Wirkung ihrer außerordentlich verschiedenen Entfernungen sei, und daß sich daher durch den verschiedenen Einfluß der Bewegung der Erde auf beide die Entfernung des größeren und darum näheren werde messen lassen. Seine Voraussetzung täuschte ihn. Er fand dafür eine innige Verbindung zweier Sterne, eine gemeinsame Bewegung, ähnlich der, wie sie in unserm Planetensysteme herrscht.

Aber nicht ein glücklicher Zufall, sondern mühevolle Beobachtungen führten zu dieser Entdeckung. Es fanden sich hier Bewegungen, gerade wie sie der Umlauf der Planeten um die Sonne zeigt, und diese Bewegungen konnten sich nur durch kleine Veränderungen in der Stellung der zusammengehörigen Sterne verraten. Aber es mußte auch wieder über jeden Zweifel an der Beweglichkeit der Doppelsterne erheben, wenn man den einen Stern bald östlich, bald westlich vom andern erblickte. Freilich, welche Schärfe der Beobachtung war erforderlich, um

solche Veränderungen zu erkennen und gar sie zu messen! Wir müssen bedenken, daß auch die besten Fernröhre die Fixsterne nicht als scharfe Punkte darstellen, wie sie sich zeigen müßten, wenn die Objektivlinsen genau die richtige Krümmung hätten, wenn keine Beugung des Lichtes stattfände und wenn Fehler und Abweichung in unserm Auge selbst nicht die Grenzen verwischten. Nicht je größer also, sondern je kleiner sie die Fixsterne zeigen, desto besser sind die Fernrohre. Die Unterscheidung gewisser Doppelsterne, deren gegenseitiger Abstand oft nur Zehntelsekunden beträgt, ist somit der sicherste Prüfstein für die Güte der Fernrohre.

Trotz dieser Schwierigkeit hat man doch bereits die Bewegungen zahlreicher Doppelsterne gemessen, einzelne lange und genau genug, um ihre Bahnen näherungsweise berechnen zu können. Zwei zarte Spinnfäden im Gesichtsfelde des Fernrohres bilden das einfache Mittel. In ihren Kreuzungspunkt wird der eine Stern gebracht, und indem man dann den einen beweglichen Faden so lange dreht, bis er genau durch den Mittelpunkt des zweiten Sternes hindurchgeht, vermag man die Drehung dieses Fadens und damit den Winkel zu messen, welchen die gerade Linie zwischen beiden Sternen mit dem unbeweglichen Spinnfaden macht. Wiederholte Messungen lassen später über die Bewegungen der Sterne entscheiden, und vier, im höchsten Falle sechs Beobachtungen genügen, um die Bahn und Umlaufszeit des einen Sternes um den andern berechnen zu lassen. Daß diese letztere Zahl nur in theoretischer Beziehung erforderlich ist, brauche ich wohl nicht besonders hervorzuheben. Denn da keine menschliche Messung absolut fehlerfrei ist, und besonders auch unsre Mikrometermessungen, wenn es sich um so geringe Größen handelt, als hier zu ermitteln sind, noch äußerst unvollkommen erscheinen, so muß der Astronom bei seinen praktischen Berechnungen mehr Beobachtungen zu Grunde legen, als die Theorie fordert. Die größere Zahl vermindert den Einfluß der jeder einzelnen anklebenden Fehler und verbürgt dadurch die größere Richtigkeit des Resultates. Im allgemeinen wird die Bahn dieser Sterne am Himmel als eine kleine Ellipse erscheinen, und nur in dem Falle, wenn die Ebene dieser Bahn genau durch die Erde geht, wird sie sich dem Astronomen anscheinend als eine durch den Hauptstern gehende gerade Linie darstellen. Einen solchen Fall scheint ein Doppelstern unter dem Daumen der rechten Hand des Schlangenträgers zu bieten. Zu William Herschels Zeit waren die beiden getrennten Sterne noch ziemlich weit voneinander entfernt, im Laufe der Jahre haben sie sich immer mehr genähert, und gegenwärtig decken sie einander so vollkommen, daß später selbst das große Dorpater Fernrohr sie nicht mehr zu trennen vermochte. Es gibt also sich bedeckende Fixsterne am Himmel!

Wie schon bemerkt war W. Herschel der erste, welcher mit großem Eifer die Beobachtung der Doppelsterne in die Hand nahm; ihm folgten sein Sohn und James South; später entdeckte F. W. Struve in Dorpat mit dem 14füßigen Fraunhoferschen Refraktor zahlreiche neue Doppelsterne und bestimmte durch Mikrometermessungen von bis dahin ungeahnter Genauigkeit die Stellungen ihrer Begleiter. In Pulkowa setzte Struve diese Beobachtungen fort, und der dortige große Refraktor von 21 Fuß Brennweite gestattete die Entdeckung von noch mehreren Hundert Doppelsternen, deren Begleiter entweder sehr lichtschwach sind oder dem

Hauptsterne so nahe stehen, daß sie nur in den vorzüglichsten Instrumenten gesehen werden können. Der würdigste Nachfolger Struves auf dem Gebiete der Doppelsternbeobachtungen war der Baron von Dembowski, ein wohlhabender Privatmann, der mittels eines Refraktors von 19 cm Öffnung fast alle von Struve entdeckte Doppelsterne neuerdings beobachtete und dessen Messungen sich durch ungemeine Genauigkeit auszeichnen. Nach diesen Arbeiten hätte man glauben sollen — und die meisten Astronomen waren in der That dieser Ansicht — daß auf dem Gebiet der Doppelsternmessungen nur noch eine wenig reichhaltige Nachlese übrig bleibe. Wie sehr diese Ansicht irrig war, hat der Amerikaner Sherburn Wesley Burnham der Welt gezeigt, indem er mit einem Refraktor von nur 16 cm Öffnung, der an Größe also bedeutend hinter dem kleinsten der von den beiden Struves benutzten Refraktoren zurücksteht, in den letzten 12 Jahren fast 500 neue Doppelsterne entdeckte. In einem Verzeichnisse führt er 53 Doppelsterne des Struveschen Katalogs an, bei denen nach Struves Beobachtungen noch ein näherer Begleiter entdeckt wurde. Unter Zuhilfenahme des imposanten 18zolligen Refraktors zu Chicago hat Burnham noch außerdem mehr als 400 äußerst schwierige Doppelsterne aufgefunden. Man muß sagen, daß die Nachforschung nach neuen Doppelsternen zwar von den beiden Herschel, South, den beiden Struves, Dembowski und andre zwar erfolgreich betrieben wurde, daß aber erst Burnham eigentlich Virtuosität in diesen Zweig astronomischer Entdeckungen brachte. Zu seinen merkwürdigsten Leistungen gehört unstreitig die Wahrnehmung, daß der Begleiter von β im Orion (Rigel) selbst doppelt ist. Dieser Begleiter wurde am 1. Oktober 1781 von Herschel entdeckt als Sternchen 8. Größe, dessen Abstand vom Hauptstern etwa 10″ betrug. Er galt vor 40 Jahren als ein schwieriges Objekt, doch kann man ihn mit einem modernen Fernrohr von Reinfelder & Hertel schon sehen, das 8 cm Öffnung besitzt. Weder die Struves, noch auch Dembowski sahen bei dem Begleiter etwas besonderes; aber im Jahre 1872 glaubte Burnham mit Hilfe seines verhältnismäßig kleinen 6zolligen Refraktors zu bemerken, daß der Begleiter nicht völlig rund, sondern etwas länglich sei. Er forderte deshalb die im Besitze großer Instrumente befindlichen Beobachter auf, den Stern genau zu untersuchen, doch ohne Erfolg. Als Burnham jedoch später den großen Refraktor zu Chicago benutzen konnte, nahm er die Entscheidung der Frage selbst in die Hand. Im Jahre 1877 wurde von ihm das Aussehen des Sternes in zahlreichen Nächten geprüft. Der große Refraktor besitzt 5 Okulare von 190facher bis 925maliger Vergrößerung; nur die letztere zeigt eine kleine Verlängerung der Sternscheibe, diese aber so scharf und sicher, daß Burnham keinen Augenblick mehr an der Duplizität zweifelte. Er schätzt den Abstand der Mittelpunkte beider Sternscheibchen auf weniger als 0,2″ und bemerkt, dieser Doppelstern sei vielleicht der schwierigste seiner Klasse, den er jemals gesehen. Merkwürdig ist auch der Stern Nr. 86 in der Jungfrau. Derselbe wurde von dem älteren Struve als doppelt erkannt, aber wegen Schwäche des Begleiters später nicht beobachtet. Im Jahre 1879 sah Burnham im Refraktor zu Chicago, daß der Hauptstern doppelt ist und aus zwei Sternen 5,5 und 10,5 Größe

besteht, welche um 1,6" voneinander entfernt sind. Schon hatte er die Distanz des Zentralsterns und des Struveschen Begleiters mehrfach gemessen, als er fand, daß auch dieser letztere wieder aus zwei Sternen besteht. Dieselben sind 11,5. und 13. Größe und stehen 1,7" voneinander entfernt. Um sie zu trennen, ist eins der größten und vorzüglichsten Ferngläser erforderlich. Noch bei mehreren andern Sternen ist es Burnham gelungen, sowohl den Begleiter als den Hauptstern oder auch letzteren allein in zwei Sternpunkte zu zerlegen, Resultate, die eine Vorzüglichkeit des Fernrohres und eine Virtuosität des Auges beweisen, welche den früheren Doppelsternbeobachtern offenbar nicht zu Gebote standen.

Unter den 11000 bisher beobachteten Doppelsternen ist bei etwa 800 die Bewegung bereits unzweifelhaft nachgewiesen. Für etwa 30 sind sogar die Bahnen berechnet, und unter diesen für einige mit großer Sicherheit. Bei den wenigsten Doppelsternen werden diese Bahnen in Zeiträumen von weniger als drei Jahrhunderten durchlaufen, bei den meisten, wie es scheint, erst in Jahrtausenden; letztere gestatten also vorläufig noch keine einigermaßen sichere Bahnberechnung, und alle in dieser Beziehung gegebenen Zahlen können nur als Rechnungsresultate bezeichnet werden. Die kürzeste Umlaufszeit hat der Doppelstern δ im Füllen, sie beträgt vielleicht nur 7 Jahre, darauf folgt Nr. 42 im Haare der Berenice, sie beträgt $25\frac{1}{2}$ Jahre. Dann folgt ζ im Herkules mit $34\frac{2}{5}$ Jahren Umlaufszeit. Bei ζ im Krebse ist sie auf $60\frac{1}{3}$ Jahre bei ξ des großen Bären auf 61 Jahre, beim Sterne η in der Krone auf 42 Jahre, beim Hauptsterne des Centauren auf 77 Jahre berechnet worden. Bei dem schönen Doppelsterne γ der Jungfrau beträgt die Umlaufszeit schon 185 Jahre, bei dem Sterne δ des Schwans 415 Jahre, beim Doppelsterne σ der Krone vielleicht 500 Jahre und beim Kastor möglicherweise 1000 Jahre. Die Ellipsen, welche die Begleiter um den Zentralstern oder vielmehr um den gemeinsamen Schwerpunkt beschreiben, sind meist sehr exzentrisch. So beträgt bei ω im großen Löwen die Bahnexzentrizität 0,536 und die halbe große Achse 0,89 Sekunden. Dieser Doppelstern gehört zu den schwierigsten. Im Jahre 1841 zeigte ihn der Dorpater Refraktor nur noch länglich, später wurde er besser auflösbar, aber auch 1882 betrug die Distanz nur 0,6"; γ in der Jungfrau hat eine Exzentrizität von 0,896 und die halbe große Achse der Bahn ist 3,97 Sekunden. Gegenwärtig ist dieser Doppelstern leicht zu beobachten, aber 1835 war der Begleiter dem Hauptsterne so nahe, daß John Herschel im 20fußigen Spiegelteleskope beide Sterne nicht mehr getrennt sah. Struve dagegen sah ihn damals im Dorpater Refraktor stets getrennt oder doch mindestens länglich. Die Doppelsternbahn von ζ in Herkules zeigt eine Exzentrizität von 0,463, und die halbe große Achse ist 1,28 Sekunden. Dieser Doppelstern ist es, der dem älteren Herschel im Jahre 1802 zuerst die Erscheinung einer gegenseitigen Bedeckung zweier Fixsterne dargeboten hatte. Bei p im Ophiuchus beträgt die Exzentrizität 0,491, die halbe große Achse 4,7 Sekunden und die Umlaufszeit 94 Jahre. Da die Parallaxe dieses Doppelsternes bekannt ist, läßt sich berechnen, daß der Abstand des Begleiters von seinem Hauptsterne 600 Millionen Meilen beträgt. In dieser Entfernung würde aber die Anziehung unsrer Sonne nicht

ausreichen, einen Planeten in 94 Jahren zum vollständigen Umlaufe zu bringen. Die Anziehung in dem Doppelsternsysteme von p im Ophiuchus muß also größer sein, als diejenige unsrer Sonne, oder mit andern Worten, die Gesamtmasse jenes Systems übertrifft unsre Sonnenmasse, und zwar ungefähr 3mal. Bei manchen Doppelsternen, bei denen überhaupt noch eine Bewegung wahrgenommen werden konnte, erreichte diese im Laufe eines Jahres kaum den 15000—20000sten Teil des ganzen Umkreises. Wenn nun vollends fast neun Zehnteile aller Doppelsterne überhaupt noch keine Stellungsveränderung gezeigt haben, obgleich sie bereits seit fast 80 Jahren beobachtet wurden, so bleibt uns nur übrig, für sie Perioden von vielen Jahrtausenden anzunehmen und damit freilich auch die Entscheidung über ihre Bewegung einer fernen Zukunft zu überlassen.

Die Entdeckung der Doppelsterne bezeichnet, wie einst A. v. Humboldt sagte, eine der großen Epochen in der Entwickelungsgeschichte des höheren kosmischen Naturwissens. Der Glaube an die Festigkeit des Himmels ist erschüttert; die Fixsterne sind weder an den Himmel angeheftet noch unbeweglich. Aber eine neue, tiefere Überzeugung ist dafür eingetauscht, die von der Allgemeinheit des Naturgesetzes. Wir sehen Sonnen um Sonnen kreisen, beide selbständig leuchtend, keine dunkel und kalt, beide um den gemeinsamen Schwerpunkt schwebend. Dieselbe Kraft, dasselbe Gesetz, welches den Lauf der Planeten um die Sonne regelt, waltet auch in diesen Bewegungen. Das berühmte Newtonsche Gravitationsgesetz, wonach die Anziehungen im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Abstände stehen, ist die Voraussetzung, auf welche sich die Berechnungen der Bahnen der Doppelsterne gründeten. Diese Voraussetzung war an sich unberechtigt; denn das Newtonsche Gesetz war nur abgeleitet und nur bewiesen auf dem Gebiete unsres Planetensystems. Durch die Beobachtung war dies Gesetz auch hier in sein unbeschränktes Recht eingesetzt. Die späteren Beobachtungen gewährten die feinste Prüfung für die Voraussetzung, unter welcher man die ersten Beobachtungen verwendet hatte. Die beobachteten Bahnen stimmten mit den berechneten überein. So steht es denn fest, daß es bis zu den Grenzen der sichtbaren Welt hin eine anziehende Kraft gibt, die im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Abstände wirkt, eine Weltkraft, die nach gleichem Gesetze den Lauf der Sonne um Sonnen, wie den Lauf der Planeten und Monde oder den Fall des Steines beherrscht!

Wunderbare Welten sind es gewiß, diese Doppelsterne! Gerade in ihnen hat der Himmel, der sonst nur Lichtglanz und Dunkel kennt, den buntesten Schmuck der Farben angethan. Rot und grün, gelb und blau oder weiß schimmern sie oft dicht nebeneinander, und nur in seltenen Fällen mag die eine Farbe durch eine täuschende Kontrastwirkung der andern auf unsre Netzhaut hervorgerufen sein. Haben nun wohl gar jene verschiedenfarbigen Sonnen noch ihre uns unsichtbaren dunklen Planeten, welch wunderbares Lichtleben muß auf diesen herrschen, denen bald rote, bald grüne, bald gelbe, bald blaue Sonnen und Tage aufgehen! Gewiß ist diese Mannigfaltigkeit wunderbar, aber wunderbarer ist doch noch die Einheit des Gesetzes, das sie alle umfaßt, und das den Astronomen gestattet, nicht bloß die Jahre ferner Welten zu zählen, sondern selbst ihre Massen zu wägen.

William Herschel, sagte ich vorhin, hat durch die Entdeckung der Doppelsterne die Sonne entthront. Die Doppelsterne sind Welten gleich unsern planetarischen, bewegen sich in Ellipsen, wenn auch mehr ausgeschweiften, umeinander wie sie, von demselben Gesetze, dem Newtonschen Gravitationsgesetze, geleitet. Nur sind es Welten gleicher Art und Ordnung, Sonnen, die einander umkreisen; nur ist es ein leerer Punkt, der den Mittelpunkt ihres Systems einnimmt. Das Newtonsche Gesetz kennt Unterschiede, die auf Massen beruhen, nicht. Es beruht auf Gegenseitigkeit und berücksichtigt die Anziehung der kleinen Massen so gut wie die der großen. Das Newtonsche Gesetz verlangt für ein System von Körpern nur einen allgemeinen Schwerpunkt, auf den alle Bewegungen sich beziehen. Von unserm Sonnensysteme her sind wir gewohnt, diesen Schwerpunkt von einem bestimmten Zentralkörper materiell erfüllt und von diesem Zentralkörper zugleich durch Massenübergewicht die übrigen Glieder des Systems beherrscht zu sehen. Das Gesetz weiß davon nichts. Je größer freilich die Masse des einen gegenüber der Gesamtmasse der andern Körper eines Systems ist, desto näher wird er auch dem gemeinsamen Schwerpunkte stehen müssen. Während aber unsre Sonne die Gesamtmasse ihrer Planeten um das 700fache übertrifft, ist bei den Doppelsternen ein ähnliches Massenübergewicht eines Zentralkörpers nur unter den allergezwungensten und unwahrscheinlichsten anderweitigen Voraussetzungen zu denken. In den meisten Fällen läßt sich gar nicht einmal von einem Hauptsterne sprechen. Die Massen der miteinander verbundenen Sterne sind, nach der Helligkeit zu schließen, nahezu gleich, wie bei dem schönen Doppelsterne γ in der Jungfrau und selbst bei dem dreifachen Sterne ζ des Krebses. In andern Fällen dürfen sie wenigstens nicht sehr niedrige Verhältnisse überschreiten; beim Sirius hat die Untersuchung von Auwers ergeben, daß der Hauptstern vielleicht 14-, der Begleiter 7mal unsre Sonne an Masse übertrifft. Hier wäre also das Verhältnis wie 2 : 1. Trotzdem leuchtet Sirius mindestens 500mal heller als sein Begleiter, und wir haben darin einen Beweis, daß die Lichtstärke der Fixsterne nicht ohne weiteres von ihrer Masse abhängt. Wenn aber so wenig von einander verschiedene Massen zu einem Systeme verbunden werden, so kann natürlich ihr gemeinsamer Schwerpunkt immer nur zwischen ihnen, niemals in der einen oder andern Masse selbst liegen. Dann werden aber auch beide Sterne einen nahezu gleichen Anteil an der Umlaufsbewegung nehmen, und es wird sich, streng genommen, gar nicht einmal mehr sagen lassen, daß ein Stern den andern umkreist. Trennen wir nun das Zufällige — wie es das Massenverhältnis gegenüber dem Gesetze ist — von dem Notwendigen, so haben wir auch in unserm Sonnensysteme nicht mehr den Zentralkörper, sondern den Schwerpunkt des Systems aufzusuchen und erst nachträglich zu prüfen, ob dieser wirklich ein materiell erfüllter sei. Wir wissen bereits, daß unsre Sonne in der That eine kleine Ellipse um diesen Schwerpunkt beschreibt, daß dieser also, wenn auch bisweilen der überwiegenden Masse wegen, doch nicht immer innerhalb des Sonnenkörpers, viel weniger in seinem Mittelpunkte liegt. Die Sonne ist damit in die Reihe der Planeten eingetreten und verdient nur den Namen ihrer Herrscherin durch die Nähe des Schwerpunktes der Gesamtheit.

Aber noch einer unsrer gewöhnlichsten und vermeintlich berechtigtsten Vorstellungen, die wir dem Sonnensystem entlehnten, scheint neuerdings durch die Beobachtungen jener Himmelsferne Gefahr zu drohen. Gewohnt, nur leuchtende Zentralkörper von dunkeln umkreist zu sehen, waren wir wohl überrascht, auch Sonnen um Sonnen sich bewegen zu sehen. Was wird der Leser aber zu einem dunkeln, unsichtbaren Zentralkörper sagen, der von Sonnen umkreist wird? Und doch ward der scharfsinnige Bessel zu einer solchen Annahme gedrängt. Bessel hat eine Astronomie des Unsichtbaren eröffnet, ähnlich jener Astronomie des Unbekannten, worauf Leverrier seine denkwürdige Berechnung des Neptun gründete. Er erkannte in den thatsächlich ermittelten Eigenbewegungen des Sirius und Procyon Abweichungen von einer überraschenden Gleichmäßigkeit. Wie Leverrier aus den rätselhaften Störungen in der Bewegung des Uranus, so schloß Bessel aus diesen Abweichungen in der Bewegung der Sterne auf die Nähe eines unbekannten anziehenden Körpers. Es mußten gewaltige Massen in der unmittelbaren Nähe des Sirius und Procyon vorhanden sein, welche jene Abweichungen hervorbrachten, und diese Massen konnten nur dunkle oder schwachleuchtende Welten sein. Jene uns einfach erscheinenden schönen Sterne sind also nach dieser Ansicht Doppelsterne, in denen uns aber das eine Glied nicht sichtbar wird. Peters in Pulkowa hat sogar die Bahn des Sirius um jenen Zentralkörper bestimmt. Er fand eine Umlaufszeit von 50 Jahren und 35 Tagen. Am 31. Januar 1862 fand Clark zu Cambridge in Nordamerika, als er den eben von ihm vollendeten großen Refraktor von 50 cm Objektivdurchmesser prüfte, der sich heute in Chicago befindet, in der Nähe des Sirius ein schwaches Sternchen. Auf seinen Bericht wurde es auch auf verschiedenen europäischen Sternwarten gesehen, und Auwers fand durch Berechnung, daß dieser Stern wahrscheinlich identisch mit der Besselschen dunklen Masse sei. Eine neue Bahnberechnung, bei der alle direkten Beobachtungen benutzt wurden, änderte die von Peters früher gefundene

Das Sternbild des Krebses.

Umlaufszeit nur unbedeutend. Sie beträgt $49^{1}/_{10}$ Jahre. Da die Parallaxe des Sirius bekannt ist, so fand sich seine Masse, wie ich bereits mitteilte, zu 14 Sonnenmassen, die Masse des Begleiters zu 7 Sonnenmassen. Der mittlere Abstand dieser beiden Körper beträgt 740 Millionen Meilen. Übrigens darf ich auch nicht verschweigen, daß neuerdings Vermutungen laut geworden sind, gemäß denen der helle Siriusbegleiter doch nicht mit der Besselschen Masse identisch ist, indem seine Umlaufszeit sich durch die Beobachtungen der letzten Jahre sehr viel größer als 50 Jahre herausstellt. Genaueres hierüber muß die Zukunft lehren. Auch bei Procyon hat sich Bessel zur Annahme eines dunkleren Begleiters veranlaßt gesehen, und Auwers fand dessen Umlaufszeit zu 40 Jahren. Anfangs 1874 glaubt Struve im 21 fußigen Refraktor zu Pulkowa den sehr lichtschwachen Begleiter wirklich zu sehen, doch war dies Täuschung.

So sind in der That durch die Entdeckung der Doppelsterne die gewohntesten Vorstellungen zerstört. Es ist vorbei mit der geträumten Majestät der Sonne, vorbei mit der Herrschaft der Massen und der rohen Gewalt. Nicht ein Körper ist es, sondern ein Gedanke, um den alle Welten kreisen, ein Gedanke, der alle Ordnung zusammenhält. Nicht der Wille des Einzelnen, sondern der Gesamtwille aller ist der bewegende Mittelpunkt des Lebens. Wer solch einen Schwerpunkt umfaßt, der ist Herr — seiner selbst und andrer!

Wenn auf der einen Seite durch den Gedanken des Gesetzes die Welt des Himmels sich niedersenkt in unser innerstes Leben, so vermögen wir auf der andern Seite durch dasselbe Gesetz einzudringen in die geheimnisvolle Natur jener Welten. Mag es dem Leser über die menschliche Fassungskraft hinauszugehen scheinen, wir vermögen jene Sterne, die kaum das schärfste Fernrohr als einzelne scheidet, die in unnahbaren Fernen schweben, aus denen das Licht Jahre und Jahrhunderte braucht, um zu uns herabzukommen — wir vermögen jene Sterne zu wägen! Ich habe bereits oben dem Leser beiläufig das Ergebnis einer solchen Sternwägung mitgeteilt und will ihm hier nur kürzlich den Weg andeuten, auf dem man zu solchem Resultate gelangt ist. Das Newtonsche Gesetz der Anziehungen, das sich in den Bewegungen der Doppelsterne so unzweifelhaft bestätigt, gestattet uns, zurückzuschließen auf die anziehenden Massen. Nach diesem Gesetze besteht eine feste Beziehung zwischen den anziehenden Massen und den Abständen und Umlaufszeiten, und zwar, wie Kepler nachgewiesen hat, stehen die Massen zu den Quadratzahlen der Umlaufszeiten in direktem, zu den Kubikzahlen der Abstände in umgekehrtem Verhältnis. Kennt man also bei den Doppelsternen aus unmittelbarer Beobachtung die Winkelgeschwindigkeit des einen Sterns, und ist man im stande, den Halbmesser der von ihm durchlaufenen Bahn in Meilen auszudrücken, so kann man auch nach Meter und Zentimeter berechnen, um wieviel dieser Stern in einer Sekunde gegen den Hauptstern fällt. Durch Vergleichung dieser Größe mit dem Falle eines Steines auf der Erde oder mit dem Falle der Erde gegen die Sonne, unter Berücksichtigung der verschiedenen Abstände, kann man das Verhältnis der Doppelsternmasse zur Erd- oder Sonnenmasse erhalten; mit andern Worten: man kann das Gewicht jener Doppelsterne bestimmen. Wer nicht mit den streng

logischen Schlußfolgerungen bekannt ist, die nach und nach bis zur Abwägung einer fern im Ozeane des Raumes strahlenden Sonne hinleiten, müßte es als thöricht betrachten, daß Menschen es wagen, von dem Gewichte einer Sonne zu sprechen, die wegen ihrer großen Entfernung selbst in den kraftvollsten Teleskopen nur als unteilbarer Punkt erscheint!

Aber noch in einer andern Beziehung verdient das gesetzliche Verhältnis zwischen Masse, Abstand und Umlaufszeit eine Beachtung. So gut wie sich aus einer bekannten Umlaufszeit und bekanntem Abstande ein Schluß auf die Masse der Doppelsterne ziehen läßt, wird sich auch umgekehrt aus bekannten Massen und beobachteten Umlaufszeiten auf die Entfernung, also auf die Parallaxe der Doppelsterne schließen lassen. Der Leser wird freilich einwerfen, daß wir doch eben die Massen dieser Sterne am wenigsten kennen! Aber annehmen können wir sie doch gewiß, und wenn wir sie etwa der unsrer Sonne gleich setzen, so werden wir wohl nicht gar zu weit von der Wahrheit abirren. Nenne der Leser die Resultate dann immerhin hypothetische Parallaxen; sie werden wenigstens bis zur Beobachtung der wirklichen eine annähernde Vorstellung von der Entfernung jener Sternsysteme gewähren. Daß sie aber wirklich in hohem Grade annähernde genannt werden können, geht aus der Vergleichung einiger solcher hypothetischen Parallaxen mit beobachteten hervor. So beträgt die hypothetische Parallaxe bei 61 des Schwans 0,247 Sekunden, bei α des Centauren 0,857 Sekunden, beim Polarstern 0,055 Sekunden; die aus den Beobachtungen durch Rechnung abgeleiteten Parallaxen dagegen sind 0,5, 0,019 und 0,076 Sekunden. Wenn nun neun Zehnteile aller Doppelsterne noch gar keine erkennbare Winkelbewegung gezeigt haben, so muß man ihnen entweder eine hypothetische Parallaxe von weniger als $^1/_{200}$ oder gar $^1/_{500}$ Sekunde, also eine Entfernung von 40—100 Millionen Sonnenweiten, 650—1600 Lichtjahren zugestehen, oder man muß, um sie etwa in die Nähe des Hauptsterns des Centauren zu rücken, ihre Masse kleiner annehmen als die Masse

Das Sternbild des Wassermanns.

unsres Planeten Merkur. Das eine wie das andre läßt uns auf eine wunderbare Leuchtkraft jener Welten schließen; denn es sind Sterne zweiter und dritter Größe darunter, wie der Hauptstern des Herkules, der Stern γ des Widder und ξ im Sternbild des Bootes. Diese große Leuchtkraft gewisser Sterne ist auch durch direkte photometrische Bestimmungen im Anschlusse an die gemessenen Entfernungen derselben bewiesen. So übertrifft Sirius unsre Sonne außerordentlich in absoluter Lichtstärke und in noch höherem Grade gilt dies von Kapella. Dagegen ist der Stern Nr. 61 im Schwan weit lichtschwächer als unser Tagesgestirn, und dasselbe gilt von dem relativ so glänzenden Fixstern α im Centauren.

Ich hatte Wunder, hatte Gedanken versprochen auf diesem Ausfluge durch die Räume der Fixsternwelt. In reicher Fülle sind sie entgegengeströmt. Wir sehen zahllose Sonnen, der unsrigen vergleichbar an Masse und Leuchtkraft, im unermeßlichen Weltraume sich bewegen, bald einzeln, bald zu zweien um den gemeinsamen Schwerpunkt kreisend; wir erkannten dasselbe Gesetz in den Tiefen der räumlichen Unermeßlichkeit wieder, welches hienieden den emporgeworfenen Stein zur Erde zwingt: aber eine höhere Einheit, welche die einzelnen Systeme zu einem Gesamtganzen verbindet, trat uns bis jetzt noch nicht in erkennbaren Zügen entgegen. Lassen wir jetzt den Gedanken auch zu einem Abschlusse kommen, daß der Himmel, den die Forschung uns zerstörte und in Atome zersplitterte, sich von neuem durch die Resultate der Forschung zu einer Gesamtheit, zu einem Ganzen abrunde!

Sternhaufen im Tucan, nach Lord Rosse.

Spiralförmiger Nebelfleck in den Jagdhunden nach der Zeichnung von Lord Rosse.

Sechstes Kapitel.

Das Fixsternsystem.

Der Anfang ist an allen Sachen schwer,
Bei vielen Werken fällt er nicht ins Auge.

Wir haben es versucht, mit Hilfe der wissenschaftlichen Forschung den Schleier von jenem Himmelsgewölbe zu heben, das sich über uns ausspannt, und haben gesehen, in welche unnahbare Ferne das Gewölbe allmählich entschwebte. Wie ganz anders dachten sich doch die Alten die Höhe des Himmels! Hephästos, von Zeus aus dem Himmel geschleudert, so erzählt uns Homer, fiel in einem Tage auf Lemnos herab und „er atmete nur noch ein wenig." In wilderen Schätzungen ergeht sich wohl die Phantasie eines Hesiod, wenn er vom Sturze der Titanen in den Tartarus singt:

„Wenn neun Tage und Nächte dereinst ein eherner Amboß
Fiele vom Himmel herab, am zehnten käm' er zur Erde."

Aber was will auch eine solche Entfernung, die etwa dem anderthalbfachen Abstande des Mondes von der Erde entspräche, sagen gegen die Anschauung, die wir heute gewonnen haben! Auf eine für unsre Vorstellungen fast unermeßliche Weite von

$4^2/_3$ Billionen Meilen waren wir gezwungen, den Abstand des nächsten Fixsternes von unsrer Erde zu setzen, einen Raum, den das flüchtige Licht selbst erst in $3^1/_2$ Jahren durchfliegt!

Wie ganz anders schauten die Alten das Himmelsgewölbe an! Das gilt nicht bloß von seinen Entfernungen, die wir nach Lichtjahren, jene nach irdischer Fallgeschwindigkeit schätzten, das gilt auch von seinem reichen Inhalt. Plinius, der doch das Sternenverzeichnis Hipparchs, des berühmtesten Astronomen des Altertums, kannte, zählte an dem schönen italischen Himmel nur 1600 sichtbare Sterne. Und jetzt zählt das unbewaffnete Auge, das doch dasselbe geblieben und nur anders schauen gelernt hat, an dem ungünstigen nordischen Himmel 4000—6000 deutliche Sterne. Was will das aber sagen gegen die unermeßliche Weltenzahl, welche das Teleskop dem Auge enthüllt hat, gegen die 30 000 und mehr Sterne erster bis neunter Größe, welche unsre Sternverzeichnisse aufführen gegen die 18 000 000 Sterne, welche William Herschel in der Milchstraße allein für sein 40füßiges Teleskop als sichtbar annehmen zu müssen glaubte, gegen die unzählbaren Sternheere, die Lord Rosses Riesenteleskop in den menschlichen Gesichtskreis eingeführt hat!

Anders aber schaute das Altertum den Himmel nicht bloß darum an, weil ihm die Mittel des Sehens und der Beobachtung fehlten, sondern weil es diesen Mangel durch seine Träume ersetzen wollte. Seine Dichter und Weisen gefielen sich darin, die Spuren einer mythischen Götterwelt am Himmel zu suchen. In jener Milchstraße, die wie ein glänzendes Diadem den Sternhimmel schmückt, und in der wir heute den Abglanz einer unendlich reichen, fernen Welt sehen, schauten die Griechen nichts als etwa von einem göttlichen Säugling vergossene Milchtropfen, oder die feurigen Spuren, welche der Wagen des Phaëton hinterließ, oder gar die Spuren eines ausgetretenen Weges, den die Sonne einst wandelte, ehe sie ihren Lauf durch den Tierkreis antrat. Der erste, welcher Wahrheit und Wirklichkeit ahnte hinter jenem schimmernden Lichtglanz, weil er eben nur Natur und nicht träumerische Ideen am Himmel suchte, war ein alter griechischer Philosoph, Demokrit, bekannt als der Gründer der atomistischen Schule. Er sah im Glanze der Milchstraße die sich mischenden Bilder von unendlich vielen, durch ihre unermeßliche Entfernung eng aneinander gedrängten Gestirnen. Das Fernrohr Galileis bestätigte die bewunderungswürdige prophetische Anschauung des Philosophen, indem es dort Sterne zeigte, welche das bloße Auge nicht mehr erkennen konnte; doch darf man ja nicht glauben, was in einzelnen populären Schriften zu lesen ist, Galileis Fernrohr habe die Milchstraße in Sterne aufgelöst. In einem Fernrohre sieht man überhaupt vom Schimmer der Milchstraße meistens nichts mehr, jedoch keineswegs weil es dieselbe in Sterne zerlegt, sondern weil in dem kleinen Gesichtsfelde der Kontrast mit der dunkleren Umgebung des Himmelsraumes fehlt. Man kann deshalb auch mit einem Fernrohre den Verlauf im einzelnen nicht feststellen, sondern höchstens nur die Zunahme der Sterne in der Richtung zur Ebene der Milchstraße. Dagegen werden einzelne Nebelflecke, die in der Milchstraße stehen, allerdings von großen Teleskopen in Sterne zerlegt.

Seit man eine reiche Welt in jenem „leuchtenden Meteore“ des Himmels, wie noch Aristoteles die Milchstraße nannte, zu schauen gelernt hat, ist auch ihrer Gestalt und ihrem Verlauf ein aufmerksamer Blick geschenkt worden. Dort im Südosten zwischen den prachtvollen Sternbildern des Orion, des großen und kleinen Hundes steigt sie empor, anfangs ein schwacher Lichtstrom, der die Hörner des Stiers berührt und sich über die Böckchen des Fuhrmanns ergießt. Eine wunderbare Verzweigung der Milchstraße beginnt jenseit des Zeniths in der Kassiopeja. Hier sendet sie einen Zweig südöstlich zum Perseus, der sich gegen die Plejaden und Hyaden verliert, und weiterhin einen andern nordwestlich gegen den kleinen Bären und den Nordpol des Himmels. Im Schwane, der anmutigsten und sternreichsten Gegend des nördlichen Himmels, zeigt sich in ihrer Mitte eine breite, dunkle Leere, von der gleichsam als Mittelpunkt drei Lichtströme ausgehen, deren einer sich erst in der Gegend des Adlers verliert. In ununterbrochener flockiger Gestalt zieht sie nun weiter über den Adler hinaus zum Schützen, wo sie der Horizont uns verbirgt. Am südlichen Himmel aber steigt sie im Schwanze des Skorpions wieder empor, um in der größten Pracht ihres Glanzes sich über Altar und Triangel zu dem funkelnden Sterne des Centauren zu ergießen. Hier, auf dieser Strecke vom Schützen bis zum Schiffe, entfaltet die Milchstraße die wunderbarste Mannigfaltigkeit und Pracht der Gruppierung, hier werden ihre Verzweigungen die reichsten und glänzendsten. Einen Zweig sendet sie schon vom Triangel aus bis nahe an den Fuß des Schlangenträgers, einen andern vom Hauptstern des Centauren zum Sternbilde des Wolfes, bis sie am Hinterteile des Schiffes, fächerförmig zerteilt, völlig abbricht und eine weite dunkle Lücke zeigt, jenseit deren sie sich anfangs wieder mannigfach verzweigt, dann als ein ungeteilter breiter, aber immer schwächerer Lichtstrom durch den großen Hund zum Orion an unserm östlichen Horizonte fortsetzt. Da, an jener Stätte ihres höchsten Glanzes, wo sie sich bald in einer Breite von 20 Himmelsgraden ausdehnt, bald auf vier bis fünf Grade zusammenzieht, umfaßt sie das strahlende Kreuz des Südens. Dort schneidet sie jenen glänzenden Gürtel der größten und vielleicht nächsten Gestirne des Himmels, der sich vom Orion durch das Kreuz zum Skorpion hinzieht. Dort umschließt sie, gleichsam um durch den Kontrast die Wirkung ihres Glanzes noch zu heben, jene wunderbaren schwarzen Flecken, die man als Kohlensäcke bezeichnet, und in denen Herschel Öffnungen des Himmels sah, durch welche es gestattet sei, gleichsam in den finstern Weltraum zu blicken.

Das ist in flüchtigen Umrissen ein Bild von der scheinbaren Gestaltung der Milchstraße. Eine höchst genaue, auf eignen Beobachtungen während eines Zeitraumes von mehr als einem Vierteljahrhundert beruhende Darstellung des Zuges der Milchstraße am Nordhimmel hat vor längerer Zeit Professor Heis in seinem Atlas novus coelestis gegeben. Diese Darstellung gibt eine Idee von dem Reichtume der Milchstraße, von Lichtabstufungen und geballten Formen; außerdem lehrt sie, daß die Mittellinie der Milchstraße in Gestalt eines größten Kreises den Himmel umzieht.

Wir werden nun auch verlangen, eine Anschauung von den wirklichen Ver=

hältnissen der fernen Sternwelt und unsrer Stellung zu ihr zu gewinnen. Mag es auch nur ein Dämmerlicht sein, welches auf solchen Resultaten ruht, so haben sie doch eine hohe Berechtigung, weil sie im Geiste denkender Menschen zu Reflexionen führen, die einen Naturgenuß verschaffen, der aus Ideen entspringt. Darin liegt ja überhaupt die Existenzberechtigung der ganzen Sternkunde, von der niemand materiellen Nutzen erwartet und deren Ermittelungen nur Bedeutung haben, insofern sie Bausteine liefern zu der geistigen Brücke, die über Raum und Zeit hinweg unser Sein mit Vergangenheit und Zukunft des Weltalls verknüpft.

Nicht der Zufall allein kann in jener auffallenden Gruppierung der Sterne gewaltet haben. Es widerstrebt unsrer ganzen Anschauung, diesen Sternring von dem Heere der uns vereinzelt am Himmel erscheinenden Sterne zu scheiden. Der Leser wird sich unwillkürlich jener Täuschung erinnern, die in einem Walde nach seiner Längesrichtung die Bäume dichter gedrängt erscheinen läßt, als nach seiner Breitenrichtung. So werden wir auch dem Versuch nicht widerstehen können, die ganze Schar der Sterne am Himmel in ein großes Weltensystem zusammenzufassen. Auch unsre irdische Heimat, unser Sonnensystem gehört diesem großen Weltganzen an. Aber welche Stellung hat es in demselben? Diese Frage mit wissenschaftlichen Gründen zu beantworten, hat erst Fr. Wilh. Herschel unternommen, aber am Ende seines langen und ruhmreichen Lebens war er genötigt, einzugestehen, daß seine Untersuchungen in dieser Beziehung zu keinem bestimmten Resultate geführt hatten. Im Jahre 1784 veröffentlichte er zuerst seine Gedanken über die Stellung unsrer Sonne im Fixsternreiche. Er dachte sich die Fixsterne in Schichten geordnet und unsre Sonne nicht weit abstehend von dem Punkte, wo eine kleinere Sternschicht von einer größeren sich abzweigt. Im Jahre 1785 glaubte er, daß sein Teleskop allenthalben die äußersten Grenzen der Milchstraße erreicht habe und hielt diese an den meisten Stellen für verhältnismäßig eng begrenzt; 1814 betrachtete er die helleren geballten Stellen der Milchstraße als Folgen einer zusammenballenden Kraft und glaubte an eine allmähliche Auflösung und ein dereinstiges Zerfallen der Milchstraße. Im Jahre 1817 veröffentlichte William Herschel eine Abhandlung, in welcher er zeigte, daß unser Sonnensystem tief in der Milchstraße selbst liege, und 1818 endlich, in seiner letzten bezüglichen Arbeit erklärte er endlich die Tiefe der Milchstraße für unergründlich! Damit fällt natürlich jede Spekulation über ihre äußere Gestalt von selbst fort, und diejenigen, welche auf die Autorität Herschels hin das ganze Fixsternsystem als linsenförmig darstellten und in der Milchstraße den Rand dieser Linse sehen wollten, haben über der Festhaltung solcher Ansicht vergessen, daß Herschel selbst diese Meinung vor seinem Tode definitiv aufgegeben hat.

Nach Herschels Tode hat zuerst Struve die Untersuchung der Milchstraße und der Stellung unsres System zu derselben wieder aufgenommen. Seine wichtige Arbeit ist mit allen Hilfsmitteln der Wissenschaft durchgeführt worden, und er kommt zu dem Ergebnisse, „daß die Erscheinung der Sternhäufung oder Kondensation aufs engste mit der Natur der Milchstraße verbunden ist, oder vielmehr, daß diese Kondensation und der Anblick der Milchstraße identische Erscheinungen

sind." Gegen die Ebene der Milchstraße hin zeigen sich die Sterne immer gedrängter, und Struve hat eine Formel abgeleitet, aus welcher sich die mittlere Sternfülle für die verschiedenen Winkelabstände von der Milchstraße ergibt. Er blieb zuletzt dabei stehen, daß sämtliche für uns wahrnehmbare Sterne zum Systeme der Milchstraße gehörten und daß die mittleren Abstände zwischen zwei benachbarten Sternen in dem Maße größer würden, als diese Sterne entfernter von der Ebene der Milchstraße ständen. Dieses Ergebnis ist richtig, wenn man es auf die scheinbaren Verhältnisse bezieht, und als solches nichts Neues, unrichtig dagegen, wie ich nachgewiesen habe, wenn man auf die wahren Abstände zurückgeht. Aus meinen Untersuchungen ergibt sich, daß die Milchstraße zu unserm Fixsternsysteme zunächst in gar keiner Beziehung steht*). Der Fixsternkomplex, zu dem unsre Sonne gehört, ist nahezu kugelförmig, neben ihm, in ungemessenen Distanzen, existieren noch zahllose andre, ebenfalls nahezu kugelförmige Fixsternsysteme, die sämtlich ungefähr in einer Ebene gruppiert sind. Diese ist nun die Ebene der Milchstraße, und die Ringform der letzteren ist eine daraus mit Notwendigkeit hervorgehende optische Täuschung. Was Kant, von bloßer Spekulation ausgehend, als wahrscheinlich hinstellte: die Existenz einer Hauptebene für die Fixsternwelt, analog derjenigen, um welche im Sonnensysteme die Planetenbahnen gruppiert sind, findet in den genaueren Untersuchungen, welche sich auf Sternkataloge und Berechnungen gründen, seine Bestätigung. Die Verwüstungen durch die Zeit und die Spuren vom Aufbrechen der Schichten, welche William Herschel in einzelnen Teilen der Milchstraße phantasiereich zu erkennen glaubte, ebenso wie seine berühmten „Öffnungen im Himmel", erklären sich ungezwungen aus der perspektivischen Ausstreuung ungleich großer, dichter und entfernter Sternhaufen und Nebelflecke.

Einer dieser Sternhaufen ist auch der unsrige, die Gesamtheit der Sterne, welche sich nächtlich über unserm Haupte wölben. Er bildet in seiner (nach unsern Anschauungen sich ergebenden) Zusammenstellung ein selbständiges System, ein Ganzes, den übrigen Sternhaufen ebenbürtig.

Es war die äußere Physiognomie der Himmelslandschaft, aus welcher wir unsre Vorstellung von der äußern Gestaltung des Weltganzen schöpften. Aber das reiche, bunte Bild der Himmelslandschaft war in der That kein kaltes, lebloses Bild. Es regte sich in ihm wie auf unsern Fluren: Sterne kommen und schwinden; sie wechseln wie das Treiben eines Mückenschwarms. Denn was hat die Zeit mit solchem Bilde zu thun, was sind Millionen Jahre für solche Gebilde. Sterne kommen und gehen; die plötzlich auflodernden neuen Sterne und die Lichtwechsel der Veränderlichen geben davon Zeugnis. Sterne wechseln ihre Ordnung; teleskopische Doppelsterne kreisen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt; Planeten, Monde und zahllose Kometen schweifen über das Himmelsgewölbe hin, und jede schießende Sternschnuppe gleicht einer verblühenden Blume. Doch auch das gesamte Gemälde zieht wie durch einen verborgenen Mechanismus langsam an unsern Blicken vorüber; das Vorrücken der Nachtgleichen und das Wanken der Erdachse

*) Vgl. Klein, Der Fixsternhimmel. Braunschweig 1872. Seiten 295—321.

führen neue Sterne am Horizonte herauf und entziehen uns andre. Aber noch ist das bewegliche Leben der Himmelsphysiognomie nicht erschöpft. Das ganze Heer der Sterne, die eine beschränkte Anschauung feste nannte, ist in einer ewigen Bewegung begriffen; sie alle wandeln ihre Bahnen, wie Monde und Planeten. Diese Bewegung gab dem Bilde Leben, und in ihr allein haben wir die innere Einheit, das gesetzliche Band, das diese Welten zu einem Systeme zusammengefaßt, zu suchen.

Die Gruppe der Plejaden im Sternbilde des Stiers.

Bewegungen verlangen eine bewegende Kraft und, wenn sie einander nicht stören und vernichten sollen, ein ordnendes Gesetz. Wo das Gravitationsgesetz gilt, muß es auch einen Schwerpunkt geben, und wo es bewegte Körper gibt, seien es Planeten oder Fixsterne, da müssen sie diesen Schwerpunkt umkreisen. Diese um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisenden Sonnen bilden aber ein geordnetes Ganzes, ein System, ein Reich. Es gilt also in der That, ein Weltreich zu begründen, zu begrenzen, auszumessen und vor allem ihm einen Herrscher zu geben.

Gewiß eine sehr verführerische Aufgabe für die Phantasie; aber wir wollen uns beeilen, ihr durch den berechnenden Verstand zuvorzukommen!

Wo es sich um die Herrschaft handelt, und wäre es selbst in den fernsten Räumen des Weltalls, da fehlen die politischen Parteien nicht. Monarchisten und Republikaner stehen einander auch hier gegenüber. Entweder eine gewaltige Zentralsonne muß dieses Sternsystem beherrschen, alles überragend an Masse und Kraft, oder ein Gedanke ist es, ein massenloser Punkt, in dem sich alle Anziehungen vereinigen, und dessen Stelle nur zufällig und zeitweilig ein vielleicht unscheinbarer Stern einnimmt. Möglich ist das eine wie das andre; für jenes spricht unser Sonnensystem, für dieses sprechen die Doppelsterne. Jedes hat auch seine Partei gefunden und jede Partei ihren namhaften Führer, die monarchische früher zeitweise in Argelander, die republikanische später in Mädler.

In allen Fällen ist es immer nur der Schwerpunkt, welcher die Herrschaft gibt. Schon der Philosoph Kant, der noch nicht die Eigenbewegung der Sterne kannte, meinte im Sirius, dem glänzendsten aller Sterne, die Zentralsonne zu finden. Die spätere Beobachtung hat diese Herrschaft freilich nicht bestätigt, im Gegenteil haben wir gesehen, daß Sirius sich mit einem Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt schwingt.

Die Gruppe der Hyaden im Sternbilde des Stiers.

Die Gegend des Himmels, in welcher Mädler den Schwerpunkt des großen Sternsystems suchte, umfaßt ungefähr die Sternbilder des Widders, des Stiers, der Zwillinge und des Orion. Eine nähere Bezeichnung glaubte er aus der Eigenbewegung unsrer Sonne zu erlangen. Ist die Bahn der Sonne nämlich kreisförmig, so ist die Richtung der Sonnenbewegung, die wir ja kennen, die Tangente des Kreises, in welchem die Sonne sich bewegt. Der Mittelpunkt dieses Kreises und damit der Schwerpunkt des Systems ist also innerhalb eines größten Kreises zu suchen, welcher jenen bekannten Punkt im Sternbilde des Herkules, gegen welchen unsre Sonne fortschreitet, zum Mittelpunkt hat. Mädler wandte auf diesen Kreis gewisse, aus der Lage der Milchstraße abgeleitete Andeutungen an und erhielt so für den wahrscheinlichen Ort des Schwerpunktes die Gegend des Himmels, welche sich vom Perseus zwischen Widder und Stier hinzieht. In den Plejaden des Stiers glaubte Mädler schließlich den Schwerpunkt des Himmels zu finden.

Es waren freilich nur unbestimmte Hindeutungen auf das gesuchte Ziel, denn über die wirkliche Form der Sonnenbahn läßt sich im voraus nicht entscheiden, und

mit der Verwerfung der Kreisform schwinden auch alle Schlüsse, die wir daran knüpften. Eine sichre Annäherung zum Ziele würden wir nur in einer genauen Vergleichung der verschiedenen Eigenbewegungen der Sterne finden können. Dazu müßten wir aber im stande sein, den Sinn dieser Bewegungen richtig zu deuten, und um dies wieder zu können, müßten wir zuvor eine Entscheidung über die Form des gesuchten Schwerpunktes treffen. Ist es ein massenhafter Zentralkörper, der ihn in sich schließt, wie Argelander einst meinte, oder ist es ein leerer, massenloser Punkt, wie Mädler meint? Das ist, wie wir sehen werden, für die Deutung der Sternbewegungen nicht gleichgültig.

Kein glänzender Stern zeigte sich im Bilde des Perseus, den Argelander für seine mächtige Zentralsonne hätte erklären können, und eine dunkle, unsichtbare Gespenstersonne zur Herrscherin so vieler Millionen glanzvoller Sonnen einsetzen zu wollen, konnte ihm nicht einfallen. Das wäre nun freilich noch kein Beweis für das Nichtvorhandensein einer solchen Zentralsonne. Aber machen wir uns einmal das fragliche Wesen klar. Es wird ein Zentralkörper gesucht, der den Fixsternen gegenüber ein ähnliches Übergewicht behauptet, wie die Sonne gegenüber den Planeten. Wir wollen nun die Anzahl der uns teleskopisch sichtbaren Sterne mit William Herrschel nur auf 20 Millionen anschlagen und jedem Sterne durchschnittlich nur eine Masse geben, die der unsrer Sonne gleich ist, so erhalten wir für die Masse der gesuchten Zentralsonne, wenn sie auch nach dem in unserm Sonnensysteme bestehenden Verhältnis 720—750 mal die Gesamtmasse ihres Systems übertreffen soll, eine Masse, die 15 Milliarden unsrer Sonnenmasse gleich wäre, und einen Körper, der bei der Dichtigkeit unsrer Sonne 2450 mal diese an Durchmesser überträfe. In welch ungeheuere Entfernung müßten wir diesen Koloß hinausrücken, oder wie unendlich gering müßten wir seine Leuchtkraft anschlagen, wenn er nicht als zweite Sonne an unserm Firmamente strahlen sollte!

Das ist allerdings ein starker Einwurf gegen die Wahrscheinlichkeit einer solchen Zentralsonne. Aber ein ungleich gewichtigerer läßt sich aus den Eigenbewegungen der Sterne herleiten. In einem Systeme von Welten, in welchem die Anziehung eines massenhaften Zentralkörpers die Bewegungen leitet, müssen notwendig die rascheften Bewegungen in der größten Nähe dieses anziehenden Körpers stattfinden. So ist es in der That in unserm Sonnensystem. Wir wissen, daß die Geschwindigkeit des Merkur 10 mal die des fernen Neptun übertrifft, und daß im weitgeschweiften Laufe der Kometen oft noch 10- und 20 mal größere Unterschiede der Geschwindigkeit vorkommen. Auch in der Nähe jener angenommenen Zentralsonne müßten also unzweifelhaft besonders schnelle Bewegungen der Sterne sich zeigen. Noch ist aber keine Gegend des Himmels gefunden worden, in welcher so schnelle Bewegungen um einen Punkt sich gruppierten, und doch könnten sie eben darum der Beobachtung am wenigsten entgehen. Wollte man selbst zugeben, daß die Schnelligkeit solcher Bewegungen durch eine ungeheuere Entfernung minder bemerklich werden könnte, so würde durch diese Entfernung wieder der störende Einfluß der Sonnenbewegung aufgehoben, und wir müßten die reinen Eigenbewegungen der die Zentralsonne umkreisenden Sterne selbst erblicken. Es müßte

sich also irgend eine Sterngruppe auffinden lassen, in der alle möglichen Richtungen der Eigenbewegung gleich häufig vertreten wären. Mädler, der mehr als 3000 Sterne inbetreff ihrer Eigenbewegungen verglich, hat für keine einzige Gegend des Himmels den Einfluß der Sonnenbewegung ganz schwinden sehen.

So sind wir denn genötigt, den Glauben an eine einzelne allumfassende Zentralsonne aufzugeben. Wir könnten nun meinen, es bestehe überhaupt kein innerer, gesetzlicher Zusammenhang zwischen diesen zahllosen Sternen, es sei in Wirklichkeit nur ein Haufenwerk, nicht ein System von Welten, und die Eigenbewegungen der Sterne ließen sich aus einer Anziehung der zufällig nächststehenden Sterne erklären. Dagegen aber würden wieder die Doppelsterne ein wichtiges Zeugnis bilden. Nicht etwa das Dasein der Doppelsterne überhaupt! Denn warum sollten nicht auch kleine Systeme von diesen Haufen umschlossen werden? Aber diese Doppelsterne zeigen auch eine Eigenbewegung, und die Größe dieser Eigenbewegung übertrifft durchschnittlich fünfmal die durch die gegenseitige Anziehung bewirkte Bahnbewegung der Doppelsterne. Man würde ungeheure Sonnenmassen anzunehmen haben, um durch deren Anziehung aus weiter Ferne so gewaltige Wirkungen hervorbringen zu lassen. Dazu kommt noch die neuerdings bemerkte Thatsache, daß das Band eines gemeinsamen Konnexes am Sternhimmel sich nicht bloß auf die nur wenige Sekunden voneinander entfernten Doppelsterne erstreckt, sondern daß so weit voneinander stehende Fixsterne, als die hellen Sterne β, γ, δ, ε, ζ im großen Bären, nach Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit einem engern Verbande angehören.

Die Anordnung aller dieser Welten zu einem einheitlichen System wäre also hiernach nicht unwahrscheinlich. Nur eine andre Gestaltung dieses Systems müssen wir suchen, als wir sie aus unserm Sonnensystem abgeleitet hatten. Da sind es denn die Doppelsterne, in denen wir einen Gedanken lesen, nach welchem die Natur Welten zu ordnen weiß.

Erinnern wir uns der Umwälzungen, welche die Doppelsterne in unsern Vorstellungen hervorbrachten! Wir sahen hier gleichberechtigte Glieder ein System bilden, und keinem vermochten wir die Bezeichnung eines Hauptsternes beizulegen. Wir waren genötigt, sogar auf unser Sonnensystem die veränderte Anschauung zu übertragen und die Herrschaft unsrer Sonne zu erschüttern. Ein System, auf das Newtonsche Anziehungsgesetz gegründet, so lautet unser Urteil, erfordert nichts als einen gemeinsamen Schwerpunkt. Nur die Art der Bewegung ist an die Verteilung der Massen in einem solchen System geknüpft. Immer ist es zwar die gesamte Masse, welche die Anziehung ausübt, aber für einen Punkt innerhalb der anziehenden Masse entspricht die Größe der Anziehung doch nur dem Abstande von dem Schwerpunkte, da alle darüber hinaus liegenden anziehenden Kräfte durch den Gegensatz ihrer Richtungen einander aufheben. Bei einer gleichen Verteilung der Massen, also bei Abwesenheit einer überwältigenden, den Schwerpunkt umschließenden Zentralmasse, müssen die Anziehungen wachsen mit der Entfernung vom Schwerpunkt. Bei kreisförmigen Bewegungen der Körper eines solchen Systems muß auch die Geschwindigkeit dieser Bewegungen in demselben

Verhältnis wachsen; alle Glieder müssen in gleicher Zeit ihren Kreislauf vollenden und vom Mittelpunkt aus gesehen in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreiben.

Sollte ein solches System nicht annähernd wenigstens das große System unsrer Fixsternwelt sein? Die Bewegungserscheinungen müßten hier gerade entgegengesetzter Art sein, als wir sie nach den in unserm Sonnensysteme gemachten Erfahrungen zu erwarten hätten. Nicht die schnellsten, sondern gerade die langsamsten Bewegungen haben wir jetzt in der Nähe des Zentralpunktes zu suchen. Ständen wir in der Mitte des Systems selbst, so würde uns die Geschwindigkeit überall dieselbe, also unabhängig von der Entfernung und damit auch unabhängig von der Helligkeit erscheinen, soweit wir nämlich von der Helligkeit auf die Entfernung schließen dürfen. Stehen wir aber, wie es doch wahrscheinlich ist, außerhalb dieser Mitte, so müssen wir wenigstens einigermaßen eine Abhängigkeit zwischen der Bewegungsgeschwindigkeit und der Helligkeit bemerken. Mädler glaubte dies in der That gefunden zu haben und kam in einer großen Untersuchung zu dem Resultate, daß bezüglich der Plejadengruppe, speziell bezüglich des hellsten Sternes derselben, Alcyone, alle scheinbaren Bewegungen sich genau so gestalten, um jenen Stern als den Zentralpunkt unsres Fixsternsystemes erscheinen zu lassen. Indessen legte Mädler diesem Sterne keineswegs eine so große Masse bei, als erforderlich ist, um das ganze Fixsternheer um sich herum zu führen, sondern er behauptete nur, daß dieser Stern, mehr oder weniger zufällig, dem Schwerpunkte unsres Fixsternsystemes sehr nahe stehe. Sehen wir nun einmal genauer zu, wie sich unter Annahme eines solchen Schwerpunktes die Bewegungen der Fixsterne gestalten müssen.

Zunächst darf in dem Schwerpunkt des Systemes selbst und in seiner unmittelbaren Umgebung keine andre Bewegung bemerklich sein als die, in welcher sich etwa die Sonnenbewegung abspiegelt. Die Richtung dieser Bewegung aber läßt sich sehr leicht aus der bekannten Sonnenbewegung für jeden Stern durch Rechnung ermitteln. Sie wird angegeben durch einen größten Kreis, den man von jenem Punkte des Herkules, dem Zielpunkte unsrer Sonnenbewegung, durch den betreffenden Stern zieht. Es muß sich ferner in den Eigenbewegungen der Sterne mit dem wachsenden Abstande vom Schwerpunkte eine gewisse regelmäßige Zunahme der Geschwindigkeit erkennen lassen, die aber über einen Abstand von 90° hinaus verschwinden muß. Ebenso müssen auch mit dem zunehmenden Abstande die Abweichungen der Eigenbewegungen von derjenigen Richtung, welche ihnen die sich darin spiegelnde Sonnenbewegung anweist, zunehmen. Diese Abweichungen dürfen aber in der Nähe des Zentralpunktes nicht leicht 90° erreichen, da die wahre Eigenbewegung der Sterne hier nicht leicht größer sein kann, als die scheinbare, welche ihnen durch die Bewegung der Sonne mitgeteilt wird.

Diese Bedingungen sind es, welche über den Ort des himmlischen Schwerpunktes entscheiden. Mädler hat, wie schon erwähnt, über 3000 Sterne des Bradleyschen Verzeichnisses zu diesem Zwecke untersucht, und die einzige Gegend des Himmels, für welche sie sich in befriedigender, ja überraschender Weise erfüllten, ist nach seiner Meinung die Gruppe der Plejaden im Sternbilde des Stieres.

Die Abweichung von der durch den alleinigen Einfluß der Sonnenbewegung vorgeschriebenen Richtung beträgt für den Hauptstern der Plejaden, die Alcyone, nicht mehr als 0,23″. Die Größe dieser Abweichungen, wie die Stärke der Eigenbewegungen überhaupt, wächst bis auf einen Abstand von 60° von der Alcyone in unverkennbarer Weise, und endlich kommen Abweichungen von mehr als 90° in der Nähe der Plejaden nur in so geringer Zahl vor, daß für die bisher beobachteten Sterne diese Fälle in einem Abstande von 10° nur 3, in einem Abstande von 30° nur 21 Prozent erreichen.

Die Gruppe der Plejaden also wäre es, in welcher wir nach Mädler den Schwerpunkt unsrer Sternwelt suchen müssen. Diese glänzende, fast 500 Sterne umfassende Sterngruppe, zu der schon das früheste Altertum mit ahnender Bewunderung aufschaute, wäre der Bewegungsmittelpunkt für alle die Millionen Sonnen, welche unser Fixsternsystem bilden. Alcyone, der optische Mittelpunkt dieser Gruppe, vielleicht auch der physische, da sie den theoretischen Bedingungen am vollkommensten entspricht, hätte sonach ein Recht auf den stolzen Namen der Zentralsonne, wenn ein solcher Name überhaupt noch eine Bedeutung hat in dieser republikanischen Weltordnung. Jedenfalls erlangt sie dieses Herrscherrecht nicht durch ihre Masse; wie wäre auch ein Massenübergewicht gegenüber Millionen von Sternen zu denken! Vielleicht ist es nur die große Zahl der in diese Gruppe zusammengedrängten Sterne, welche den Schwankungen des Schwerpunktes Grenzen setzt, und die Masse der Plejaden gerade nur groß genug, um den Schwerpunkt auf ihr Gebiet zu bannen. Alcyone ist ein Stern wie alle Sterne, dem gleichen Naturgesetz unterworfen, das unsrer Sonne die Herrschaft über ihr Planetensystem verlieh!

Vor allem sehen wir uns unsre Sonnenbahn von diesem veränderten Standpunkte an! Ihre Kreisform müssen wir aufgeben. Das geht aus dem Abstande jenes Punktes im Herkules, auf den unsre Sonnenbewegung gerichtet ist, von dem gefundenen Schwerpunkte hervor. Denn dieser Abstand beträgt nicht 90°, wie es die Annahme einer Kreisbahn fordert, sondern $111^1/_2$°, deutet also auf eine ziemlich starke Exzentrizität hin. Sodann müssen wir der Ebene der Sonnenbahn eine sehr bedeutende Neigung gegen die Ebene unsrer Ekliptik zuschreiben. Dazu nötigt uns die fast senkrecht gegen die Ekliptik gerichtete scheinbare Bewegung der Plejadengruppe. Ebensowenig dürfen wir an ein sehr nahes Zusammenfallen der Ebene der Sonnenbahn mit der Ebene der Milchstraße denken. Auch werden wir überhaupt nicht leicht irgend eine solche gemeinsame Grundebene für die Bahnen der einzelnen Fixsterne auffinden, wie wir sie an unsrer Ekliptik für die Bahnen der Planeten in unsrem Sonnensystem hatten und wie die Fixsternhaufen sie in der Ebene der Milchstraße besitzen. Die Fixsterne unsres Systems scheinen vielmehr gleich den Kometen nach allen Richtungen hin durch den Raum zu schweifen. Die Bahnbewegung unsrer Sonne lernen wir an der scheinbaren Eigenbewegung der Plejaden kennen, in der sie sich fast unentstellt widerspiegelt. Die Eigenbewegung der Alcyone beträgt aber jährlich 0,0471 Sekunden, die durchschnittliche der Plejaden überhaupt 0,0582 Sekunden. Nehmen

wir diese Bewegung für die mittlere Bewegung unsrer Sonne, so können wir daraus leicht die Zeit berechnen, welche die Sonne gebraucht, um ihre ganze Bahn zu durchlaufen. Wir erhalten aus der ersten Zahl fast 28, aus der zweiten $22^1/_4$ Millionen Jahre. Da ist unser Erdenjahr freilich nur ein Augenblick in diesem langen Jahre der Sonne!

Aber wir wollen auch messen! Wir wollen vor allen Dingen den Raum durchmessen, der uns von dem gemeinsamen Schwerpunkt, von der sogenannten Zentralsonne trennt! Dazu bedürfte es nun freilich zunächst einer Kenntnis von der Parallaxe der Alcyone. Aber eine solche besitzen wir nicht. Mädler versuchte daher auf indirektem Wege, durch Schlüsse und Rechnung zu erlangen, was die Beobachtung noch versagt.

Die Eigenbewegung der Alcyone oder vielmehr die darin abgespiegelte der Sonne, das ist die einzige Thatsache, auf welche wir unsre Schlüsse gründen sollen. Wir wissen also nur, unter welchem Winkel, von der Alcyone gesehen, die jährliche Fortbewegung der Sonne erscheint. Kennten wir auch die wirkliche Größe dieser Bewegung, vermöchten wir sie in Erdbahnhalbmessern auszudrücken, so könnten wir rückwärts schließen, unter welchem Winkel uns ein solcher Erdbahnhalbmesser, von der Alcyone gesehen, erscheinen würde, und das wäre ja die Parallaxe der Alcyone. Wir müssen also zuvor auf andrem Wege eine Kenntnis von der wahren jährlichen Sonnenbewegung zu erlangen suchen. Dies wird uns gelingen, wenn wir von einem Stern aus, dessen wahren Abstand von der Sonne wir kennen, die jährliche Winkelbewegung der Sonne zu messen vermögen. Ein solcher Stern wäre nun etwa der bekannte 61ste im Schwan. Seine Parallaxe ist uns bekannt; sie beträgt 0,5 Sekunden. Er eignet sich überdies besonders zu unserm Zwecke, da wir aus seinem scheinbaren Abstande von den Plejaden auf einen nahezu dem unsrer Sonne gleichen wirklichen Abstand von den Plejaden schließen, also auch die wirkliche Fortbewegung dieses Sternes der unsrer Sonne ziemlich gleich setzen können. Die jährliche Eigenbewegung des 61sten Sternes im Schwan, welche die Beobachtung zu 5,221 Sekunden angibt, würden wir für die unsrer Sonne annehmen können, wenn sie nicht durch unsre Stellung zu diesem Sterne wie durch eigne Fortbewegung notwendig bedeutend verkürzt und entstellt erscheinen müßte. Die wahre Winkelbewegung der Sonne aber verlangt eine Beobachtung in gerader Richtung zum Mittelpunkte der Bewegung. Es ist nun in der That möglich, durch Rechnung den 61sten Stern des Schwanes in eine solche Richtung zu verschieben und die wirkliche Winkelbewegung der Sonne, in dem Abstande dieses Sternes gesehen, zu ermitteln. Die Größe dieser Bewegung beträgt 4,4151 Sekunden. Das Verhältnis dieser Winkelbewegung zur Parallaxe des Sternes ergibt uns die wahre jährliche Fortbewegung der Sonne, in Erdbahnhalbmessern ausgedrückt. Wir erhalten dafür 9 Erdbahnhalbmesser oder 180 Millionen Meilen. Die Eigenbewegung der Plejaden haben wir aber als die treue Abspiegelung dieser Sonnenbewegung erkannt, und der kleine Winkel von 0,0582 Sekunden, den wir dafür maßen, gibt uns damit den Winkel an, unter welchem jene 9 Erdbahnhalbmesser in der Entfernung der Ple-

jaden gesehen werden. Die Eigenbewegung der Plejaden entspricht also der 9fachen Parallaxe dieser Sterngruppe, und die Parallaxe selbst berechnet sich daraus auf 0,0065 Sekunden. Eine solche Parallaxe aber ergibt eine wirkliche Entfernung von 32 Millionen Sonnenweiten oder 640 Billionen Meilen, eine Entfernung, die das Licht in 500 Jahren durchläuft.

Ich habe hiermit nun die Ergebnisse, zu welchen Mädler über den Bau unsers Fixsternsystemes gelangt ist, in Kürze mitgeteilt. Ich darf jedoch nicht verschweigen, daß, so geistreich auch immer die Kombinationen sein mögen, durch welche dieser sehr verdienstvolle Astronom zu seinen Resultaten gelangte, dennoch diese letzteren keineswegs den Beifall der übrigen Himmelsforscher gefunden haben. Schon Kowalsky hat gezeigt, daß das von Mädler gefundene Verhalten der Eigenbewegungen sich für alle in der Nähe der Milchstraße gelegenen Punkte in ähnlicher Weise zeigen muß, und daß die Zone, welche die kleinsten Eigenbewegungen enthält, sehr nahe mit dem Gürtel der Milchstraße zusammenfällt, während die stärksten Bewegungen näher den Polen derselben vorkommen. Auch die Annahme Mädlers über die Stellung der Milchstraße zu unserm Sternsysteme ist unrichtig. Ich habe die Anschauungen dieses Astronomen über den Bau der Milchstraße nicht mitgeteilt, weil es mir in der That völlig unzulässig erscheint, mehrere konzentrische Ringe von Sternen anzunehmen, die miteinander durch lange Säulen von einzelnen Sonnen, wie durch Stäbe verbunden sein sollen. Dennoch spielt diese Annahme eine wichtige Rolle in der Mädlerschen Fixsternwelt.

Über den Kausalnexus innerhalb unsres Fixsternhaufens ist zur Zeit etwas Sicheres noch nicht gegründet; es gehören dazu Beobachtungen, die sich über ungeheuere Zeiträume verteilen, und solche stehen uns heute noch nicht zu Gebote. Überhaupt dürfen wir nicht vergessen, daß unser Forschen und Wissen seiner Natur nach sehr beschränkt ist und auch stets bleiben wird. Zwar liegt es in des Menschen Gemüt, unaufhaltsam vorwärts zu drängen und sich im Geiste, wenn möglich, auf den letzten Stern zu schwingen, um von höchster Höhe die Anordnung des Weltalls zu überschauen, aber so echt menschlich auch dieses Streben sein mag, so darf man doch niemals übersehen, daß da, wo es sich um den Bau ganzer Sternsysteme handelt, unserm wissenschaftlichen Forschen eine Schranke gezogen ist. Dagegen hat es die Spektralanalyse, die wir bereits mehrere Mal hilfreich eingreifen sahen, möglich gemacht, das Fixsternreich von einem andern Gesichtspunkte aus zu untersuchen, nämlich von dem Gesichtspunkte der physischen Konstitution und der chemischen Zusammensetzungen seiner einzelnen Sonnen. Zuerst Huggins, dann Secchi und zuletzt Vogel haben auf diesem Gebiete wichtige Resultate errungen. Schon Rutherfurd kam durch Beobachtung vieler Sternspektra auf die Idee, daß sich dieselben in drei Gruppen bringen lassen, allein Secchi erst verfolgte diesen Gedanken weiter und unterschied gestützt auf sehr zahlreiche eigne Beobachtungen vier verschiedene Fixstern-Typen. Später ist Prof. Vogel zu einer etwas abweichenden Klassifikation gekommen, wobei er drei Typen festhält. Er hat ferner die Ergebnisse seiner Untersuchungen unter allgemeine Gesichtspunkte gebracht; ich will hier dieselben mit seinen eigenen Worten mitteilen. Er sagt:

„Die einzige rationelle Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren dürfte erhalten werden, wenn man von dem Gesichtspunkte ausgeht, daß sich im allgemeinen in den Spektren die Entwickelungsphase der betreffenden Weltkörper abspiegele. Es lassen sich dann drei ganz vorzüglich geschiedene Klassen aufstellen, nämlich:

1. Sterne, deren Glühzustand ein so beträchtlicher ist, daß die in ihren Atmosphären enthaltenen Metalldämpfe nur eine überaus geringe Absorption ausüben können, so daß entweder keine oder nur äußerst zarte Linien im Spektrum zu erkennen sind. (Hierher gehören die weißen Sterne.)

2. Sterne, bei denen ähnlich, wie bei unsrer Sonne, die in den sie umgebenden Atmosphären enthaltenen Metalle sich durch kräftige Absorptionslinien im Spektrum kundgeben (gelbe Sterne), und endlich:

3. Sterne, deren Glühhitze so weit erniedrigt ist, daß Assoziationen der Stoffe, welche ihre Atmosphären bilden, eintreten können, welche, wie neuere Untersuchungen ergeben haben, stets durch mehr oder weniger breite Absorptionsstreifen charakterisiert sind (rote Sterne)."

Zur ersten Klasse gehören u. a. Sirius, Wega, β, γ, δ, ε im Orion und die Sterne, in denen die Wasserstofflinien hell erscheinen, und außer diesen die Linie D_3 ebenfalls hell sichtbar ist, nämlich β in der Leyer und γ in der Kassiopeja.

Zur zweiten Klasse gehören neben unsrer Sonne Kapella, Arktur, Aldebaran.

Zur dritten Klasse endlich α im Herkules, α im Orion, β im Pegasus und viele rote Sterne, besonders veränderliche.

Neben den bisher genannten Forschern hat sich auch d'Arrest um die spektroskopische Durchforschung des Himmels große Verdienste erworben. Unter 11 000 von ihm untersuchten Sternspektren fand er nur 5 neue, welche dem vierten von Secchi aufgestellten Typus angehörten. Dagegen fanden sich ausgezeichnete Spektra des dritten Typus zahlreich und in allen Richtungen über den Himmel zerstreut. Jener vierte Sterntypus, dessen Spektrum durch drei helle Banden charakterisiert wird, ist übrigens nur bei einigen lichtschwachen Sternen bisher gefunden worden und wie es scheint, an intensiv rote und orange Färbung der Sterne geknüpft. Wie dieser Typus in bezug auf die Entwickelungsphase der betreffenden Sterne zu deuten sei, ist jetzt noch nicht zu entscheiden, zumal eine gründliche Durchmusterung des südlichen Himmels in spektroskopischer Beziehung gegenwärtig noch ein frommer Wunsch ist.

Wir sehen, die Wissenschaft führt uns hier auf das dunkle Gebiet des Werdens und Vergehens ferner Sonnen, sie zeigt uns, vorerst noch im Dämmerlichte, die verschiedenen Entwickelungsphasen der einzelnen Glieder unsres Sternhaufens.

Jetzt aber treten wir an die Grenzen unsres Fixsternhimmels! Ein neuer unabsehbarer Ozean thut sich vor uns auf. Es war nur eine kleine Insel, auf der wir weilten, eine kleine Insel dieses gewaltigen, Millionen Welten umfassenden Reiches. Drüben über den dunklen Fluten des Ozeans des Raumes schimmern uns die Küsten neuer zahlloser Inseln entgegen.

Spiral-Nebel im Cepheus, nach Rosse. (Vgl. S. 482.)

Siebentes Kapitel.

Die Nebelflecken und die Nebelsterne.

Mit reinen Saiten wag' empor zu dringen,
Du wirst der Sphären ew'ge Lieder singen.

Tiefdunkle Nacht umgibt uns. Da taucht am fernen Himmelsgrunde ein schimmerndes Wölkchen auf, jenen zarten, weißlichen Nebelflocken gleich, wie sie bisweilen über den klarblauen Sommerhimmel hinschweben. Das Nebelwölkchen wird allmählich lichter, es entfaltet sich zu glänzenden Streifen und funkelnden Sternchen, bis es einem wunderbar gestalteten Diadem voll prächtig schimmernder Edelsteine gleicht. Es erinnert uns an die schönen Sterngruppen der Plejaden, der Hyaden, des Haares der Berenice, nur sind die Lichtpunkte hier dichter, reicher. An ein Zählen ist gar nicht zu denken. Auf einem kreisförmigen Raume von 8 Minuten Durchmesser, kaum dem fünfzehnten Teile der Vollmondscheibe gleich, von der Erde gesehen, zeigen sich mehr als 20000 glänzende Sterne zusammengedrängt. Solche Sternhaufen, wie wir sie umstehend im Sternbilde des Centauren und im Sternbilde des Wassermanns sehen, sind zahllos über den ganzen Himmel verbreitet, oft einem Haufen Goldsand gleichend, bisweilen in der Mitte von einem größeren, herrlich gefärbten Sterne, wie dem Rubin oder Smaragd in einem Diadem, geschmückt. Freilich auch kleinere, gröber zerstreute Sternhaufen werden wir am Himmel antreffen, ja wir können dieselben mit bloßem Auge erkennen, wie die Sterngruppe im Perseus (S. 476 ob.), oder mittels eines Operngucker in Sterne auflösen, wie bei der bekannten „Krippe“ im Krebse (S. 476 unt.).

Diese kleinen, wenig gehaltreichen Sterngruppen stehen im Raume verhältnismäßig sehr nahe, doch sind sie immer um viele Billionen Meilen von der Sonne entfernt.

Sternhaufen im Centauren, nach J. Herschel.

Getragen von den geistigen Schwingen, die uns geliehen, sind wir in diese Fernen vorgedrungen, ist es uns gelungen, die schimmernden Nebel in Sterne aufzulösen, und Sterne sind Welten! Der Astronom vollbrachte dieses Werk durch die Macht seiner Fernrohre; er zog die Wunder des Himmels zur Erde nieder und beraubte sie gewaltsam ihres verhüllenden Schleiers. Aber nicht immer vermag das Fernrohr den Zauberschleier zu zerreißen, den Nebel in Sterne aufzulösen. Seltsame Gestalten lockt es oft aus den Tiefen des Himmels herauf, bald runden Scheiben oder Ringen, bald langgestreckten Kometenschweifen und Fächern ähnlich, bald über viele Vollmondsbreiten ausgedehnt, bald in einen einzigen Punkt zusammengedrängt — und alles nur schimmerndes Licht, verschwimmender Nebel, nirgends ein einzelner Stern unterscheidbar! Man weiß, wie einst die Geisterbeschwörer für verschiedene Klassen der Geister Zaubermittel und Beschwörungsformeln von verschiedenen Graden und Wirkungen bereit hielten. Ebenso wußten auch die Astronomen jenen abenteuerlichen Gestalten mit immer stärkeren Waffen zu Leibe zu gehen.

Sternhaufen im Wassermann.

Kometarische Nebel, nach J. Herschel und Rosse (vgl. S. 478.)

Elliptischer Nebel im Löwen, nach Rosse. (S. 478 unten.)

Sternhaufen von eigentümlicher Form, nach J. Herschel.

Lord Rosse richtete sein gewaltiges 53fußiges Teleskop gegen sie, und die wunderlichen Formen schwanden, die regelmäßigen Umrisse der Kreise, Ringe, Fächer, Kreuze, mit denen die geschäftige Phantasie bereits den Himmel bevölkert hatte, verschwammen in regellose Streifen und flockige Wolken. Schon William Herschel hat eine Menge von Nebelflecken entdeckt, die sich in seinen großen Teleskopen in Haufen zahlloser Sterne auflösten; noch mehrere hat später sein Sohn John Herschel beobachtet und gezeichnet. Es sind merkwürdige Gebilde darunter, wie z. B. jener Sternhaufen im Tucan des Südhimmels, den wir bereits früher in treuer Nachbildung gesehen haben. (S. 458.)

Sterngruppe im Perseus. (S. 473 unten.)

Bei vielen kommen sehr merkwürdige Anordnungen der einzelnen Sterne in solchen Sternhaufen vor, und auch hiervon will ich noch ein paar Beispiele in getreuen Nachbildungen vorlegen (vgl. S. 475).

Aber alle jene nebelhaft schimmernden Welten lösten sich selbst durch Rosses Riesenteleskop nicht in Sterne auf; viele blieben Nebel, weil sie, wie uns die Spektralanalyse zeigt, in der That glühende Nebelmassen sind! — Betrachten wir nun einzelne dieser merkwürdigen Gebilde etwas genauer. Bei manchen finden wir ziemlich regelmäßige Figuren, Kreise oder Ellipsen, und symmetrisch zu denselben findet man kleine Sterne. Eine Auswahl solcher Objekte sehen wir S. 475 bildlich zusammengestellt. Ich glaube, daß man schon aus dem Anblicke dieser Nachbildungen mit einiger Wahrscheinlichkeit schließen kann, die Stellung jener Sterne sei keine zufällige, sondern stehe in einer ursächlichen Beziehung zu dem Nebel selbst; doch will ich nicht verhehlen, daß J. Herschel kein besonderer Zeichner war und seine Abbildungen nur als rohe Annäherungen zu betrachten sind.

Sterngruppe „Krippe“ im Krebs. (S. 473 unten.)

Ansicht von Sternhaufen, nach Zeichnungen von J. Herschel. 1. In der Wage; 2. im Herkules; 3. im Steinbock; 4. im Wassermann; 5. im Ophiuchus; 6. in den Zwillingen.

Eine sehr merkwürdige Klasse von Nebeln sind die sogenannten kometarischen Nebel, weil sie in ihrem Aussehen eine gewisse Ähnlichkeit mit unsern Kometen zeigen. Man sehe die Abbildung auf S. 475 oben, mit Sternnebeln 1. aus dem Eridanus, 2. aus dem Einhorn, 3. aus dem großen Bär.

Planetarische Nebel, nach Lord Rosse. 1. Im großen Bär; 2. in der Andromeda.

Auch bei ihnen zeigt sich bisweilen ein Stern in charakteristischer Stellung meist an dem einen Endpunkte. Ein interessantes Gebilde dieser Art ist ein Nebel im Schiffe, von welchem J. Herschel eine Abbildung gegeben hat, die wir auf S. 480 oben treu nachgebildet vor uns sehen.

Jener Nebel (S. 475 Mitte) im Sternbilde des großen Löwen, den ein gutes Fernrohr uns als einen langgezognen elliptischen Nebel mit hellem Kern zeigen würde, nimmt jetzt ein flockiges, fast spiralförmig gewundenes Aussehen an. Rosses Riesenteleskop löst sein Zentrum in elliptische Schichten auf.

Ein andrer merkwürdiger Nebel befindet sich im Sternbild „Fuchs". Sir John Herschel hat ihn unter dem Namen Dumb-Bell-Nebel beschrieben und gezeichnet (S. 479).

Nebel im Stier, nach Lord Rosse. (S. 480.)

Lord Rosses mächtigeres Teleskop zeigt diesen Nebel dagegen in einer wesentlich veränderten Gestalt.

Dumb-Bell-Nebel im „Fuchs“, nach J. Herschel. (S. 478 unten.)

Omega-Nebel nach John Herschel. (S 480.)

Wir sehen hier eine Menge einzelner Lichtpunkte, und Rosse hat sie in der That für Fixsterne, den ganzen Nebel also für einen wahren Sternhaufen gehalten. Die Spektralanalyse wies aber nach, daß wir es hier mit einem glühenden Gase zu thun haben, das im Spektroskope eine der Stickstofflinien zeigt. Jene hellen Punkte sind also keine eigentlichen Fixsterne, sondern Nebelbälle.

Sternnebel im Schiff, nach J. Herschel. (S. 478.)

Im Sternbilde des Sobieskischen Schildes befindet sich ein merkwürdig gewundener Nebel, der wegen seiner Ähnlichkeit mit einem griechischen Buchstaben (Ω) von John Herschel den Namen Omega-Nebel erhalten hat. Die einzelnen Teile sind von ungleicher Helligkeit; vielleicht projizieren sich hier mehrere Nebel für unsern Blick aufeinander. An andern Orten des Himmels werden wir eigentümliche, unsern Planetenscheiben ähnliche, kleine Nebel, kreisförmige, scharfbegrenzte Scheiben mit gleichmäßigem Lichte erblicken. Wir sehen S. 483 oben drei davon, nach Zeichnung des jüngern Herschel; der erste befindet sich im Sternbild des großen Löwen, der zweite in den Fischen, der dritte in der Andromeda.

Nebel in den Jagdhunden, nach J. Herschel.

Einige planetarische Nebel haben sich bei der Untersuchung in Rosses Teleskop als sehr kompliziert erwiesen, wie wir dies aus Figur S. 478 ob. ersehen können. Ähnliches widerfährt jenen runden Nebelmassen, die bisweilen, wie im Sternbilde des Stiers (S. 478) hellglänzende Fixsterne umgeben, oder mehrere Sterne, ja ganze Sterngruppen umfließen, oder wie lange schmale Bänder zu einem Ganzen verknüpfen. Endlich erblicken wir unter diesen seltsamen Gestalten des Himmels auch ringförmige Nebel. Wie ein über einen Reifen gespannter duftiger Schleier erscheint ein solcher im Sternbilde der Leyer, wie ein feiner hohler Nebelstrahl ein andrer in der Andromeda. In dem Sternbilde der Jagdhunde sehen wir einen runden lichten Kern von einem konzentrischen, zum Teil doppelten Nebelringe umgeben.

Ringförmige Nebel: in der Leyer (1 nach Herschel, 2 nach Rosse); im Schwan (3); im Ophiuchus (4) im Skorpion (5); bei Gamma in der Andromeda (6).

Spiralförmiger Nebel in der Jungfrau, nach Rosse.

Aber auch diese Wunder, in denen die Phantasie bereits Abbilder oder Urbilder des Saturnringes erkennen wollte, hat das Rossesche Teleskop zerstört, indem es jenen in ungemein kleine Sterne auflöste, diesen als einen strahligen Kern zeigte, von dem nach allen Richtungen spiralförmige, von kleinen Sternen erfüllte Windungen ausgehen. Solcher Spiralnebel hat Rosse noch mehrere entdeckt. Ich will dem Leser nur noch einen derselben vorführen (S. 473 unt.), dessen Gestalt geradezu abenteuerlich genannt werden kann. Aber auch der Spiralnebel in der Jungfrau, den wir nach Rosses Zeichnung (S. 481 unt.) sehen, deutet darauf, daß in ihm die Materie in den gewaltigsten Revolutionen begriffen sein muß. Es sind Umwälzungen, von denen man sich eine Ahnung machen kann, wenn man bedenkt, daß jeder geschwungene Arm oder Strahl an Länge die Entfernung des Neptun von der Erde weitaus übertreffen muß.

Alle Schönheit und Seltsamkeit dieser Bilder verschwindet aber gegen die Fülle der Wunder, welche der einzige Orionnebel umschließt. Fast in Vollmondgröße breitet er sich in der Nähe der glänzenden Sterne des Jakobsstabes aus, und das bloße Auge erkennt ihn in klarer Sternennacht. In vollem Glanze enthüllt sich seine verborgene Pracht aber erst dem bewaffneten Auge. Diesem entfaltet er, was nur immer Seltsames in Gestaltung und Lichtwechsel gedacht werden mag. Dem geöffneten Rachen eines Tieres verglichen die älteren Astronomen des Orionnebels äußere Gestalt; die geschärfte Kraft des Fernrohres hat dieses Bild bereits verwischt. Während einzelne Stellen gleichsam in beweglichen Flammen lodern, zeigen andre sich in scharfer Begrenzung auf tiefschwarzem Grunde. Auf solch dunklem Grunde bilden in der Mitte des Nebels vier helle Sterne ein fast regelmäßiges Viereck, das sogenannte Trapez. Durch den flockigen Nebel, der dieses Viereck umgibt, blitzen zahlreiche kleine Sterne hervor, und rings um ihn und seine Streifen und Zweige schimmern in düsterem Lichte viele Tausende von Sternchen. Oft glaubte man allerlei seltsame Vorgänge in dieser Nebelwelt zu gewahren und neue Sterne aus der gärenden Weltmaterie sich ballen zu sehen, weil man plötzlich Sterne in ihr entdeckte, die kein Beobachter vorher bemerkt hatte.

Rosses Teleskop hat auch diesen Nebel in Millionen von Lichtflocken aufgelöst, die sich im Spektroskop als Nebelbälle von glühendem Stickstoff und Wasserstoff erwiesen haben.

An den zentralen Teil des Orionnebels, der wie gesagt unter dem Namen Trapez des Orion berühmt geworden, knüpfen sich zahlreiche Beobachtungen. Man kann die vier Sterne mit einem Fernrohre von 60 cm Brennweite deutlich sehen. Der ältere Herschel hat mit seinen gewaltigen Spiegelteleskopen dort niemals mehr als diese vier helleren Sterne wahrgenommen, aber 1826 erblickte W. Struve noch einen fünften, 1832 John Herschel und James South noch einen sechsten lichtschwachen Stern. Andre Beobachter haben außer diesen noch mehrere Sterne im Trapez erkannt, im ganzen werden außer den obengenannten sechs noch sieben andre Trapezsterne aufgeführt. Diesen Wahrnehmungen stehen aber andre diametral entgegen, denn ein Beobachter wie Burnham versichert, er habe mit dem $18^1/_2$ zolligen Refraktor zu Chicago im Trapez nie mehr als sechs Sterne gesehen.

Planetarische Nebel, nach John Herschel. (Vgl. S. 480 Mitte.)

Mehrfache Nebel nach John Herschel. (Vgl. S. 488 unten.)

Nebel im Sternbild der Andromeda. (Vgl. S. 487 oben.)

Dies sei geschehen „selbst zu Zeiten, wo der sechste Stern, wäre er doppelt und von nur 1'' Distanz, als solcher nicht hätte übersehen werden können, oder ein Stern, der bloß $^1/_{10}$ seines Lichts besitzt, der Wahrnehmung nicht entgangen wäre". Diesem Ausspruch stimmt Holden bei, der das Trapez sehr häufig am großen Refraktor zu Washington beobachtet hat. Wie soll man solche Widersprüche erklären? Unter denjenigen, welche außer jenen sechs noch andre Trapezsterne sahen, sind Lassell, der Entdecker der inneren Uranusmonde, und Huggins, bei denen man kaum eine Täuschung annehmen möchte. Vielleicht werden von Zeit zu Zeit veränderliche Sterne im Trapez sichtbar, die sonst lange unsichtbar bleiben.

Der hellste Teil des Orionnebels, nach Trouvelot.

Was den Orionnebel selbst anbelangt, so haben sich außer Rosse fast alle Astronomen, die über genügend große Fernrohre verfügen, an diesem merkwürdigsten Objekte versucht. So gab 1837 John Herschel eine Darstellung dieses Nebels, die aber weder schön noch charakteristisch genannt werden kann; im folgenden Jahre publizierte W. C. Bond eine ähnliche Zeichnung, die er mittels des großen Refraktors zu Cambridge erhalten hatte. Die wichtigen Arbeiten Lord Rosses datieren aus den Jahren 1860 bis 1864, doch hat bezüglich der Ausdehnung der Nebelmaterie das Parsonstowner Riesenteleskop nicht erheblich mehr gezeigt, als Bonds Refraktor. Die umfassendsten Arbeiten über den großen Orionnebel hat G. P. Bond in den letzten Jahren seines Lebens geliefert; sie sind 1867 veröffentlicht. Die von ihm gegebene Abbildung, nach welcher unser Bild, Seite 15, hergestellt worden, ist nicht allein in jeder Beziehung die vollkommenste des Orionnebels, sondern überhaupt die beste, die von irgend einem Nebel bis jetzt vorhanden ist.

Nebel im Sternbild des Goldfisch (oben) und bei Eta im Fisch (unten.)

Gerade beim Orionnebel hat sich die Notwendigkeit gezeigt, daß der Beobachter, der es unternimmt, diesen Nebel im Detail zu studieren, ein vorzüglicher Zeichner sein muß, und das waren die meisten Beobachter desselben leider nicht. Die Darstellung des Orionnebels in der großen Arbeit von Bond ist das Endresultat sehr langer Bemühungen, an denen J. W. Watts als Zeichner, dem der große Refraktor in Cambridge zu diesem Zwecke sehr lange zur Disposition stand, den größten Anteil hat. G. P. Bond hat zuerst bei diesem Nebel die spiralförmige Struktur einzelner Teile desselben erkannt.

Nebel im Sternbild der Andromeda, nach G. P. Bond. (Vgl. S. 487).

Es erscheinen darin gekrümmte, schmale Nebelstreifen, von denen oft mehrere sehr nahe von einem Zentrum ausgehen, sich mehr und mehr davon entfernen und durch dunkle Zwischenräume von der übrigen Nebelmasse getrennt sind. Der ganze Nebel dehnt sich auf einem Raum von $3\,^1/_3$ Quadratgraden des Himmels aus, doch konzentriert sich der Hauptnebel, d. h. der überwiegend hellere Teil des ganzen, auf einer Fläche von etwas über $^1/_5$ eines Quadratgrades. In dieser Gegend um die Sterne ϑ, ι und c des Orion herum hat G. P. Bond die Örter von 1101 kleinen, in seinem Refraktor sichtbaren Sternen bestimmt.

Neben dem Orionnebel zieht an dem bei uns sichtbaren Himmel der Nebel der

Andromeda (S. 483 unt. u. 486) die Aufmerksamkeit des Forschers auf sich. Dieser Nebel wurde am 15. September 1612 von Simon Marius entdeckt und mit dem hellen Scheine einer Lampe verglichen, die durch eine dünne Hornplatte gesehen wird. Der Nebel ist 2 $^1/_2$ Grad lang und hat im breitesten Teile 1 Grad Durchmesser. Messier hat diesen Nebel fleißig beobachtet, aber nie eine Spur von Ungleichförmigkeit, die auf sternige Zusammensetzung deutet, darin erkannt; ebensowenig die beiden Herschel. Erst im März 1848 löste der große Refraktor zu Cambridge den Nebel in zahllose kleine Sterne auf, deren anderthalb tausend gezählt wurden, und zeigte gleichzeitig zwei dunkle Streifen, die fast parallel das Ganze durchziehen und in zwei Hälften trennen (Seite 486.)

Die Magelhaensche große Wolke.

Die Magelhaensche kleine Wolke.

Die eigentliche Heimat der Nebel ist der südliche Himmel, derselbe, den das prachtvolle Kreuz, der Sirius und der Kanopus schmücken. Dort in der Nähe des Himmelspoles wird der Blick von einem Lichtglanze gefesselt, der dem Strahlenschimmer der Milchstraße gleichend, sich über einen Raum von 12 Vollmondbreiten im Durchmesser ausbreitet.

Es ist der Abglanz einer wunderbaren Vereinigung von Sternen und Nebelflecken, die man die große Magelhaensche oder Kapwolke nennt und die schon den Arabern des Mittelalters unter dem Namen des „weißen Ochsen", den sie von ihrer Gestalt entlehnten, bekannt war (S. 487). John Herschel zählt in ihr allein 582 größere Sterne, 291 Nebelflecken und 46 Sternhaufen. Weit unscheinbarer ist die sogenannte kleine Wolke.

Viele Tausende von Nebeln hat die Kraft der Riesenteleskope bereits in dichtgedrängte Sternhaufen aufgelöst und reiche Welten in ihnen kennen gelehrt. Aber immer noch bleiben andre Tausende zurück, die der auflösenden Macht des Fernrohres trotzen, die ihre Nebel- und Wolkengestalt behaupten.

Wenn man mittels des Spektroskops das Licht eines Fixsternes zerlegt, so erhält man, wie wir wissen, ein farbiges Lichtband, in welchem man bei genügender Helligkeit und Dispersion mehrere dunkle Linien erkennt. Anders ist das Spektrum der Nebelflecke, denn es ist auf einige helle Linien reduziert, zum Beweise, daß es von einem leuchtenden und wenig dichten Gase ausstrahlt. Denken wir uns nun einen kleinen, runden planetarischen Nebel in eine größere Entfernung hinausgerückt, so wird er zuletzt auch im stärksten Fernrohre nur noch als schwaches Sternchen erscheinen und von einem kleinen Fixsterne nicht mit Sicherheit unterschieden werden können. Das Spektroskop aber würde in diesem Falle ausreichen, um durch das Auflodern der hellen Linien sogleich die Nebel-Natur des Objekts zu enthüllen. Prof. Pickering zu Cambridge (N. A.) hat dies benutzt, um mit Hilfe des Spektroskops kleine planetarische Nebel aufzusuchen, indem er ein kleines geradsichtiges Spektroskop zwischen Objektiv und Okular des dortigen großen Refraktors einschaltete und bei ruhendem Fernrohre die Sterne durch das Gesichtsfeld des Instruments ziehen ließ. In der That fand er auf dieser Weise mehrere neue planetarische Nebel, die so klein sind, daß sie im Refraktor als Fixsterne erschienen, ja bereits als solche beobachtet worden waren.

Der große William Herschel sah in den Nebelgebilden den leuchtenden Urstoff, aus welchem noch heute die Natur ihre Sonnen und Sonnensysteme schafft. Seiner kühnen Phantasie erschien das ganze Weltall als ein großer Riesengarten, in dem die Welten gleich Blumen und Bäumen nebeneinander keimen, blühen und vergehen. Und wie nicht plötzlich dieser Garten aus dem Nichts hervorging, wie er nur allmählich in ununterbrochenem Bildungsprozesse zu dem ward, was er jetzt ist, so sollten wir darin noch heute alle Stufen der Entwickelung nebeneinander sehen. Hier sind Welten und Weltsysteme im Keimen, durch ähnliche Lichtmassen, in denen aber die Stoffe noch ungeschieden chaotisch gemischt sind, formlos, phantastisch gestaltet und über ungeheure Räume verbreitet; dort ist jener Urnebel bereits zerissen und durch Anziehung an einzelnen Stellen der Anfang zur Verdichtung gemacht. Die Umrisse sind noch unbestimmt und verwaschen, aber das Licht erscheint schon kräftiger. Hier ist die Verdichtung nach einem Punkte hin schon mächtiger vorgeschritten; dort hat sich der Nebel schon zur Kugelform gerundet, und sein heller Mittelpunkt nähert sich bereits dem Sternenlichte. Hier verknüpft ein Nebelband zwei solche Gebilde, als wolle die Natur einen Doppelstern erzeugen; dort zieht kometenartig ein Nebelschweif dem Sterne nach, weil der eine Stern gleichsam im Streit um den Urstoff den andern überwunden hat und nun ihn vernichtet. So währt der Kampf der Entwickelung fort, bis alle Nebel verschwunden sind und die neuen Sonnen im reinsten Lichtglanze strahlen. Man vergleiche die Abbildung auf Seite 483 Mitte, welche uns die Entwickelung verschiedener Nebelformen, im Sternbild der Jungfrau (Nr. 1 und 4), des Haares der Berenice (2 und 5), im Wassermann (3) und in der großen Magelhaensschen Wolke (6) vorführt.

Gewiß ist es ein schönes und erhabenes Spiel der Phantasie, das in solcher Weise Welten sich durch dieselbe anziehende und formende Kraft der Natur im

Großen bilden läßt, wie der Regentropfen, der aus den Wolken fällt, oder die Tauperle, die im Blütenkelche funkelt, sich im Kleinen bildet! Wie die Dunstbläschen des Nebels sich zusammenziehen, verdichten und in Kugeln ballen, um das innere Gleichgewicht herzustellen, und wie sie, von der Schwere gezogen, endlich als Tropfen niederfallen, so bildeten sich vor Myriaden von Jahren aus dem Urnebel des Chaos unsre Erde und die Sonne mit all ihren Planeten und die Milchstraße mit ihren Millionen von Sonnen und die Tausende von Welten in den Räumen der Unendlichkeit; und in der Unendlichkeit sind diese Sonnen nicht größer als die Wassertropfen und die Tauperlen, die eine Sommernacht zu Millionen zaubert.

Die Spektralanalyse hat dieser großartigen Ansicht gegenwärtig eine teilweise Unterstützung geliehen, indem sie uns zeigte, daß zwar viele Nebel Sternhaufen sind, zahlreiche andre aber aus leuchtendem Dunste bestehen. Nur läßt sich daraus kein Schluß ziehen, ob die Nebel, welche glühende Gasmasse sind, den Anfang oder das Ende eines Weltenbildungsprozesses bezeichnen. Wilhelm Herschel setzte sie, wie uns bekannt ist, an den Anfang, allein die Wahrnehmung, daß der neue Stern im Schwan, dessen ich früher gedacht, zuletzt ein Spektrum zeigte, welches von demjenigen der planetarischen Nebel sich in nichts unterschied, läßt die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sein, daß auch Nebel aus der Auflösung oder, um wissenschaftlich richtiger zu sprechen, aus gewissen Veränderungen, die bei einzelnen Fixsternen stattfanden, entstehen. Welche Perspektiven eröffnen sich hier dem denkenden Geiste! Erheben wir uns auf den Schwingen des Gedankens über die Ebene der Milchstraße. Die verlassene Welt unsres Sternhaufens erscheint uns als runde glänzende Scheibe, der zunehmenden Dicke wegen in der Mitte heller leuchtend. Aber kein Auge würde in diesem Schimmer noch einzelne Sterne erkennen, und ein starkes Fernrohr nur würde die einzelnen leuchtenden Pünktchen unterscheiden. In hundertfach größerer Entfernung werden wir nur noch den matten Schimmer eines Nebelfleckes gewahren, und kein Teleskop würde ihn noch in Sterne aufzulösen vermögen. Ein Blick durch das Spektroskop aber würde uns sagen: Hier ist kein wirklicher Nebel, sondern hier ist ein Sternhaufen, ein Fixsternsystem, dessen einzelne Glieder wegen ihrer großen Entfernung nicht mehr zu unterscheiden sind. Wir sehen, das Spektroskop ist eine Sonde, die auch da noch Aufschluß verschafft, wo alle übrigen Hilfsmittel uns im Stiche lassen.

In der kleinen Weltordnung unsres Sonnensystemes sehen wir darum die einzelnen Glieder mindestens durch Räume voneinander getrennt, welche hundertmal ihre Durchmesser übertreffen. Sind wir nun berechtigt, vom Kleinen auf das Große zu schließen, so dürfen wir ähnliche Zwischenräume auch für die einzelnen, zu einer großen Gesamtordnung vereinigten Weltsysteme annehmen. Sollte nun eine solche Ordnung auch für den großen Zusammenhang jener nebelhaft schimmernden Weltensysteme gelten? Wenn auch sie unsrer Fixsternwelt gleichen, wenn auch sie immer wieder durch ähnliche Räume von den Nachbarwelten getrennt sind, welches Maß ergibt sich dann für diese entlegensten Weiten!

Wir sind in der That hier an den Grenzen — nicht des Universums, aber

unsres Wissens angelangt. Aber auch in diesen Grenzen, wo die Zahlen selbst den Dienst versagen, auch in dieser Unermeßlichkeit, wo Riesenwelten zu Punkten schwinden, besteht die Ordnung ewigen Gesetzes. Auch jene Welten in den Tiefen des Raumes ordnen sich wohl zu einem andern großen Systeme, und dasselbe Naturgesetz, welches den Mond um die Erde, die Planeten und Kometen um die Sonne, die Millionen Sonnen um ihre Zentren bewegt, führt auch die Weltensysteme um ihr Zentralsystem auf vorgeschriebenen Bahnen und in gemessenen Zeiten. Wo die Anziehung Körper verknüpft, da gibt es einen Schwerpunkt, und ob dieser in einer überwiegenden Masse, in einer Sonne liegt, oder ob er zwischen Tausenden gleichwirkender Massen, ein Gedanke im Raume, schwebt: immer ist er das Symbol des Ewigen in dem Wechselnden und Zufälligen, der Vernunft in den scheinbar toten Massen. — —

Wir standen an den Grenzen, an welchen der Menschengeist für Jahrhunderte, vielleicht für immer, seine Schritte gehemmt sehen wird! Wir blickten in eine Geschichte, gegen welche die menschliche gleich einer Sekunde verrinnt. Die Sehnsucht nach der Heimat regt sich wieder. Wohlan, derselbe Gedanke, der uns Sternsysteme zu kleinen Inseln, Sonnensysteme zu Punkten zusammenschmelzen ließ, derselbe Gedanke kann uns auch diese Punkte wieder erweitern und aus der dunklen Tiefe die freundliche Heimat heraufzaubern!

Spiralförmige Nebel, nach Lord Rosse.
(Links: im Sternbild des „Löwen"; rechts: im „Pegasus".)

Sonnenuntergang im Berglande.

Schluß.

Rückkehr zur Erde.

Unser Ausflug in die Himmelsräume ist beendigt. Wir haben die Wunder der Welt nun alle kennen gelernt. Versetzen wir uns jetzt noch einmal zurück in die Zeit, ehe wir unsre lange, geistige Wanderung unternahmen. Wie trüb, wie eng war damals unser Blick, wie wenig begriffen wir, daß man am Himmel lesen könne! Wir haben seitdem sehen gelernt, unser Auge, unsre Anschauung, unser Gedankenkreis hat sich erweitert. Welche Fülle von Erfahrungen und Erlebnissen liegt zwischen damals und heute! Mit dem erweiterten Blicke wird man mir nicht die Frage entgegenhalten: Welchen Nutzen gewährt die Sternkunde? Welchen Vorteil hat der Mensch davon, zu wissen, wie das Sonnensystem eingerichtet ist, in welchen Entfernungen die Fixsterne sich befinden oder welche stoffliche Zusammensetzung die Nebelflecke haben? Aber diese Fragen sind doch häufig und sogar von sonst gebildeten Personen aufgeworfen worden, und gerade deshalb, sowie aus dem ferneren Grunde, weil sie uns auf einige mit der Astronomie in enger Beziehung stehende Probleme leiten, über die zu sprechen ich bis jetzt keine Gelegenheit hatte, will ich hier näher darauf eingehen.

Allerdings gewährt die Astronomie keinen direkt in Mark oder Pfund Sterling auszurechnenden Nutzen; sie befindet sich in dieser Hinsicht nicht besser und nicht schlimmer daran als die Paläontologie oder die Ethnographie, die Malerei, die Skulptur und die Musik. Aber dies wird auch von einer Wissenschaft in

erster Linie ebensowenig verlangt, wie von der Kunst; beide dienen zunächst der Ausbildung des menschlichen Geistes, sie haben einen edleren Zweck als den der Befriedigung der niedrigen Triebe und Bedürfnisse des alltäglichen Lebens. Indes gewährt die Astronomie von einer gewissen Stufe der Ausbildung an allerdings auch einigen praktischen Nutzen. Sie ist es z. B., die uns die genaue Zeitrechnung bietet; ohne sie würde die Jahresdauer, wie einst im alten Rom, von den Launen und Interessen bestimmter Personen abhängen. Von der genauen Bestimmung der Jahresdauer hängt die sichere Bestimmung der Zeitrechnung ab. Wir, die wir von Jugend auf an ein geordnetes Kalenderwesen gewöhnt sind, denken fast niemals an die großen Übelstände, mit welchen die Alten, die sich solcher Einrichtung nicht zu erfreuen hatten, kämpfen mußten. So bestand z. B. ursprünglich das Jahr der Römer abwechselnd aus 12 und 13 Monaten, je nachdem die Oberpriester es für gut fanden, und niemand konnte und durfte sie hierin kontrollieren. Als Julius Cäsar mit Hilfe des Astronomen Sosigenes das Kalenderwesen zu ordnen begann, fand er die ganze Jahresrechnung in größter Unordnung vor. Er bestimmte, daß künftighin das bürgerliche Jahr aus 365 Tagen bestehen und nach je 3 Jahren ein Schaltjahr von 366 Tagen folgen sollte. Nach Cäsars Ermordung (am 15. März des Jahres 44 v. Chr.) hielten sich indes die Priester nicht genau an seine Vorschrift, sondern schalteten, damit der Neujahrstag nicht auf den letzten Tag der römischen Woche, der Markttag war, fallen sollte, jedes dritte Jahr schon einen Tag ein. Erst Kaiser Augustus stellte diesen Mißbrauch ab und führte die Vorschriften Cäsars wieder ein. Allein auch damit war die Jahresrechnung noch nicht für alle Zeit in Ordnung. Cäsar hatte nämlich sein Jahr um $11^1/_4$ Minute zu kurz angenommen, so daß nach Ablauf von je 128 Jahren ein Irrtum von einem Tag entstehen mußte, um den man zurückblieb. Erst im 15. Jahrhundert machten Peter von Alliaco und Kardinal Cusa auf diesen Irrtum aufmerksam, und infolgedessen ließ Papst Gregor XIII. die Sache genau untersuchen und eine neue Kalenderrechnung entwerfen. Sie führt den Namen der Gregorianischen, und ihrer bedienen wir uns heute noch. Um die Übereinstimmung des Kalenders mit dem Sonnenlaufe wiederherzustellen, verordnete Gregor XIII., daß nach dem 4. Oktober des Jahres 1552 sofort der 15. gezählt werden sollte. Der 4. Oktober war ein Donnerstag, der 15. hätte also eigentlich ein Montag sein müssen, doch ließ man ihm seinen Wochennamen als Freitag. Um aber für spätere Zeiten solche Abweichungen zu verhüten, befahl Gregor, daß die Julianische Schaltmethode beizubehalten, daß aber alle 400 Jahre 3 Schalttage auszufallen hätten, und zwar sollten alle vollen Jahrhunderte, deren beide Zahlen durch 4 ohne Rest teilbar sind, Schaltjahre, die andern aber Gemeinjahre sein. Die Jahre 1700, 1800 waren also Gemeinjahre, 1900 wird ein Gemeinjahr, 2000 ein Schaltjahr sein.

Die Astronomie ist es ferner, die uns die Gestalt der Erde kennen lehrt und die genaue Ausmessung der Oberfläche ermöglicht; sie endlich leitet den Schiffer auf den einsamen, ja ihm noch unbekannten Wegen des Meeres zum sichern Port und ermöglicht so die ozeanische Schiffahrt.

1

2

3

Anblick der Erde aus dem Weltenraume. 1. Die Land- und die Wasser-Halbe der Erdkugel. 2. Anblick der Erde gegenüber dem Äquator. 3. Anblick der Erde gegenüber den Polen.

Die beiden letztgenannten Probleme, die Ausmessung der Größe und Gestalt der Erde, sowie die Ortsbestimmung auf hoher See sind es, die ich dem Leser hier in den Mitteln und Wegen, welche die Astronomie zu ihrer Lösung in Anwendung brachte, vorführen will.

Wir wissen aus dem Vorhergehenden, daß die Erde im großen und ganzen die Gestalt einer an den Polen um einen geringen Betrag abgeplatteten Kugel besitzt; aber diese Kenntnis ist im Gange der wissenschaftlichen Erforschung noch von sehr jugendlichem Datum.

Zu den bekannteren Beweisen für die kugelförmige Gestalt der Erde gehört z. B. die Thatsache, daß man am Meere von entfernten Schiffen zuerst die Spitzen der Masten und erst nach und nach, bei fortgesetzter Annäherung, den Rumpf erblickt; wie diese Erscheinung auf die kugelförmige Gestalt der Erdoberfläche oder vielmehr der Meeresoberfläche schließen läßt, ersehen wir unmittelbar aus nachstehender Figur.

Darstellung der Meereskrümmung.

Einen ferneren Beweis für die Kugelform der Erde haben die sogenannten Weltumsegelungen, deren erste der Portugiese Magelhaens unternahm, geliefert. Auch der stets in Gestalt eines Kreisausschnittes sich darstellende Erdschatten bei partialen Mondfinsternissen bezeugt die Kugelform. Die Kugelgestalt der Erde war den Alten im allgemeinen nicht unbekannt. Homer und Hesiod hielten, dem unmittelbaren Eindrucke der Sinne folgend, die Erde für ein flache Scheibe, welche vom Ozean umströmt werde. Anaximenes nahm an, daß diese Scheibe auf komprimierter Luft ruhe. Plato, der den Würfel für den vollkommensten geometrischen Körper hielt, dachte sich deshalb auch die Erde würfelförmig. Nach andern Philosophen sollte sie die Gestalt einer Säule, einer Pauke oder dgl. besitzen. Richtigere Ansichten entwickelte Aristoteles, indem er sich für eine runde Gestalt der Erde aussprach; allein erst die Philosophen der (von Ptolemäus Philadelphus um 300 v. Chr.) zu Alexandrien begründeten Gelehrtenschule sprachen es mit Entschiedenheit aus, daß die Erde Kugelgestalt besitze, ja, sie versuchten, hierauf gestützt, sogar ihre Größe zu messen. Diese letzteren Versuche führten freilich nur zu sehr ungenauen Resultaten, weil sie in roher Weise angestellt wurden. Der erste, der es unternahm, die Größe des Erdumfanges zu messen, war Eratosthenes. Er hatte gehört, daß zu Syene in Ägypten am Mittage des Sommersolstitiums die Sonne auf den Grund tiefer Brunnen scheine, also im Scheitelpunkte stehe, während sie zu Alexandrien an demselben Tage noch $7^{1}/_{5}{}^{0}$ vom Zenith entfernt blieb. Die Entfernung beider Orte nahm Eratosthenes zu 5000 Stadien an und schloß, da $7^{1}/_{5}$ gerade genau $^{1}/_{50}$ des Kreisumfanges sind, daß der ganze Umfang der Erde $50 \times 5000 = 250\,000$ Stadien betragen müsse.

Eine ähnliche Bestimmung unternahm etwa hundert Jahre später Posidonius. Er maß den Bogen zwischen Rhodos und Alexandrien zu $^1/_{48}$ des Kreisumfanges und nahm die Entfernung beider Punkte zu 3800 Stadien an, woraus die Größe des Erdumfanges zu 48 × 3800 = 182 000 Stadien folgte. Beide Resultate weichen, wie hieraus zu ersehen, sehr voneinander ab; allein sie konnten wenigstens dazu dienen, eine allgemeine Idee von der Größe der Erde zu geben. Fast tausend Jahre vergingen, ehe man es wieder unternahm, die Größe der Erdkugel zu ermitteln, denn der dritte Versuch wurde erst im 9. Jahrhundert n. Chr. von den Arabern zwischen Tadmor und Racca angestellt. Es fand sich dabei die Länge eines Grades zu 225 300 arabischen Ellen; doch kennen wir die Größe der letztern selbst nicht, indem man bloß weiß, daß die Elle der Araber 27 Zoll à 6 Gerstenkörner umfaßte. Wiederum verging ein halbes Jahrtausend, ehe für die Ausmittelung der Erddimensionen etwas geschah.

Horizon

Zur Erklärung der Refraktion.

Diesmal war es ein Franzose, Fernel, der die Länge des Grades zwischen Paris und Amiens durch die Zahl der Umdrehungen seiner Wagenräder maß; die so von ihm erhaltenen Ergebnisse waren, wie vorauszusehen, auch nicht sonderlich genau, aber der Tag war nahe, der auf wissenschaftliche Prinzipien begründete Gradmessungen sehen sollte. Dem Niederländer Snellius gebührt das Verdienst, an Stelle der direkten Ausmessung großer Entfernungen zuerst das Prinzip der Triangulation in Vorschlag gebracht zu haben. Wir kennen dieselbe im allgemeinen bereits, denn ich habe früher bei der Ermittelung der Mondentfernung schon davon gesprochen. Im allgemeinen besteht diese Methode darin, daß nur eine kleine Strecke, die Grundlinie oder Basis, mit größter Genauigkeit direkt ausgemessen und von deren Endpunkten durch Winkelmessungen von Dreiecken fortgeschritten wird. In der Praxis, wenn es sich um Erreichung möglichster Genauigkeit handelt, ist die Ausführung einer Gradmessung außerordentlich schwierig. Zunächst erfordert die Messung der Basis die größte Sorgfalt, denn jeder hier begangene Fehler erscheint in dem Endresultate vergrößert. Daß die Winkel der

einzelnen Dreieckspunkte ebenfalls mit größter Genauigkeit gemessen werden müssen, ist einleuchtend. Dann muß, weil das Dreiecknetz auf der Erdoberfläche und keineswegs überall in einer und derselben Ebene liegt, alles auf das Meeresniveau reduziert werden. Die Bestimmung des Höhenunterschiedes der einzelnen Punkte kann auf zwei verschiedene Weisen ausgeführt werden; durch trigonometrische Höhenmessung und durch das geometrische Nivellement. Die erstere Methode ist weniger sicher, weil der Beobachter abhängiger von der Refraktion des Lichtes in der Atmosphäre bleibt. Der Lichtstrahl beschreibt bei seinem Durchgange durch die Luft keine gerade Linie, sondern eine Kurve, die ihre hohle Seite der Erde zuwendet.

Scheinbare elliptische Form der Sonnenscheibe am Horizonte.

Die Wirkung davon können wir aus Fig. S. 496 ersehen. Jeder Stern erscheint nämlich infolge der Refraktion höher, als er in Wirklichkeit steht. Im Scheitelpunkte ist die Refraktion Null, am größten in der Nähe des Horizontes. Eine Folge derselben ist die abgeplattete Gestalt der Sonne beim Auf- und Untergange. Der dem Horizonte nähere Sonnenrand wird nämlich infolge der stärkeren Brechung mehr gehoben, als der obere, beide nähern sich also scheinbar und die Sonnenscheibe erscheint abgeplattet.

Welche seltsamen Formen die Sonne infolge unregelmäßiger Brechungen am Horizonte erleidet, haben besonders Biot und Mathieu bei ihren auf Ermittelung der Erdgestalt gerichteten Untersuchungen in Dünkirchen beobachtet. Die Astronomen haben freilich Tafeln der Refraktion entworfen, aus denen man für jede

Höhe eines Sternes den Betrag der Strahlenbrechung findet; allein für Punkte, nahe am Horizonte, und besonders für solche innerhalb der Atmosphäre, lassen diese Tafeln noch manches zu wünschen übrig. Man zieht daher zur Ermittelung von Höhenunterschieden das direkte Nivellement vor. Zuletzt müssen noch die geographischen Breiten und Längen der beiden Endpunkte der Gradmessung und die Azimute oder Neigungen gegen den Meridian mit höchster Genauigkeit bestimmt werden. Erst wenn alle diese Messungen ausgeführt sind, kann die Berechnung beginnen, und zwar auf Grund von mathematischen Formeln, die erst in der Neuzeit, vor allem durch Bessel, in der wünschenswerten Strenge entwickelt werden konnten. Ich kann, ohne Voraussetzung sehr bedeutender mathematischer Kenntnisse bei dem Leser, schlechterdings auf diese Rechnungsmethoden nicht eingehen. Nur eins möchte ich hervorheben. Bei Berechnung von Entfernungen in einer und derselben Ebene bedient man sich der ebenen Trigonometrie.

Scheinbare Formen der Sonnenscheibe am Meereshorizont.

Schon schwieriger gestaltet sich die Sache, wenn es sich um Ausmessungen auf der Oberfläche einer Kugel handelt. Die für diesen Zweck erforderlichen Formeln lehrt die sphärische Trigonometrie auffinden. Für eine abgeplattete Kugel, ein Rotationssphäroid, wie unsre Erde ist, reichen aber bei streng wissenschaftlichen Anforderungen die Lehren der sphärischen Trigonometrie nicht mehr aus; hierzu bedarf es mehr, und mußte erst eine sphäroidische Trigonometrie erfunden werden. Aus den auf diesem Wege erhaltenen mathematischen Formeln wird durch Einsetzung der gemessenen Größen der Länge eines Grades unter zwei verschiedenen geographischen Breiten sowohl die Größe als die Gestalt der Erde ermittelt.

Im Vorhergehenden habe ich versucht, dem Leser in kurzen Zügen eine sogenannte Breitengradmessung zu skizzieren, bei welcher es sich um Ermittelung der Längen von Graden des Meridians handelt. Es gibt aber noch eine zweite Klasse von Gradmessungen, bei welcher es sich um Ausmessung eines Bogens irgend eines Parallelkreises handelt.

Ehe wir jedoch diese Methode näher betrachten, mag infolge des oben ge=

gebenen Anlasses zu einer Erwähnung der Refraktion bei dem Anblick von Himmelskörpern die hierdurch gebotene Gelegenheit benutzt werden, um eine ähnliche Erscheinung besonders auffälliger Art an dem uns nächststehenden und für uns in vielfacher Beziehung interessantesten Himmelskörper, nämlich dem Monde, kennen zu lernen. Wir knüpfen hierbei an eine wirkliche Beobachtung an, welche im Jahre 1881 zu Denver in dem nordamerikanischen Staate Colorado gemacht worden und nach deren damals erfolgter photographischen Aufnahme unsre Abbildung angefertigt ist.

Es liegt uns hier eine vollständig ausgebildete Erscheinung von mehrfachen Nebenmonden und damit in Verbindung stehenden verschiedenen Kreisen wie Bogen vor. Schon beim Aufgang des Mondes, der in seinem vollen Lichte glänzte, gingen damals nach verschiedenen Seiten Lichtstreifen von demselben aus, die ohne Zweifel aus einem Vertikalstreifen (einer sogen. Lichtsäule) und einem Horizontalstreifen (einem Stück des durch den Mond gehenden weißen Horizontalkreises) bestanden. Beide Streifen, miteinander verbunden, bildeten das in der Abbildung angedeutete weiße Kreuz, in dessen Mitte der Mond sich befindet. Die gedachten Streifen entstanden nun durch Reflexion des Mondlichts an den horizontalen und vertikalen Flächen der Schneekrystalle. Insbesondere sind es die vertikalen Lichtsäulen, welche beim Aufgang oder Untergang des Mondes (beziehentlich der Sonne) oft zu einer beträchtlichen Höhe sich erheben. Bei weiterem Aufsteigen des Mondes verschwanden damals die in Rede stehenden Streifen, worauf sich der den ganzen Himmel in gleicher Höhe mit dem Monde umgebende weiße Horizontalkreis zeigte, auf welchem vier Nebenmonde standen. Dem Mond zunächst erblickte man die beiden gewöhnlichen farbigen Nebenmonde (in 22 Grad Distanz von demselben), welche dem Mond zugekehrt rötlich, dagegen gelb und blau entfernter von demselben erschienen, dann in vielleicht 120 Grad vom Monde die seltenern weißen Nebenmonde, die nur in einem mattern Licht sich zu zeigen pflegen. In nahe gleicher Entfernung vom Monde, wie die farbigen Nebenmonde, umgab denselben ein farbiger Ring von 22 Grad Halbmesser. So lange der Mond selbst noch niedrig stand, erschienen die beiden Nebenmonde in der Peripherie jenes Ringes; später traten sie aus letzterem nach und nach heraus. Hiermit verschwand aber auch der Ring allmählich, und nur die Nebenmonde blieben noch eine Zeitlang sichtbar, bis endlich, nach zehn Uhr abends, auch diese verschwanden und mit ihnen die ganze Himmelserscheinung sich auflöste, worauf ein durchaus wolkenloser und klarer Himmel dem Auge sichtbar wurde.

Nach dieser Einschaltung kommen wir auf die schon erwähnte zweite Art von Gradmessungen wieder zurück und bemerken zunächst, daß es sich hierbei darum handelt, zu ermitteln, wie viel Meter der Bogen des Parallelkreises unter einer gewissen geographischen Breite zwischen zwei Orten von bekannter geographischer Länge umfaßt. Derartige Messungen werden Längengradmessungen genannt. Ihre genaue Ausführung war besonders früher mit großen Schwierigkeiten verknüpft, weil die Messung eines Längenunterschieds eine weit subtilere Operation ist, als die Messung der geographischen Breiten.

Wunder der Sternenwelt. 3. Aufl.

Nach einer Photographie.

Erscheinung von Nebenmonden in Denver (Colorado).

Im allgemeinen handelt es sich bei Bestimmung des Unterschieds der geographischen Länge zweier Plätze vor allem um genaue Ermittelung der Ortszeit, welche zwei Beobachter an beiden Punkten in demselben Augenblicke zählen. Dieser Längenunterschied in Zeit gibt dann mit 15 multipliziert den Längenunterschied in Graden und deren Teilen. Um die Zeitdifferenz zweier Orte zu ermitteln, bediente man sich zuerst der Mondfinsternisse, viel später der Verfinsterungen der Jupitersmonde, da diese Erscheinungen an allen Punkten, wo sie überhaupt sichtbar sind, in demselben Momente wahrgenommen werden. Die auf solchem Wege erlangten Resultate sind jedoch keineswegs sehr genau, und Dominicus Cassini zeigte im Jahre 1700, daß man mit größerer Genauigkeit sich der Sonnenfinsternisse zu demselben Zwecke bedienen könne. Die Größe der Verfinsterung ist jedoch in diesem Falle von der Lage des Beobachtungsorts bedingt, und die beobachteten Zeiten sind daher nicht unmittelbar miteinander vergleichbar, wie dies bei den Mondfinsternissen der Fall ist, sondern müssen zu diesem Zwecke vorher auf den Erdmittelpunkt durch Rechnung bezogen werden. Sonnenfinsternisse sind jedoch verhältnismäßig zu selten, um von ihnen für die geographische Längenbestimmung bedeutenden Nutzen zu erwarten, und man wendete daher schon bald künstliche momentane Lichtsignale durch Anzünden kleiner Pulvermengen auf erhöhten Punkten zwischen den beiden Beobachtungsorten an. Diese Methode ist sehr gut; allein sie hat den Übelstand, daß die Beobachtungsstationen nicht sehr weit voneinander entfernt sein dürfen, da sonst das Signal nicht mehr gesehen wird. Man kann allerdings eine Anzahl von Stationen aneinander reihen und auf diese Weise einen größeren Bogen überspannen, aber dann häufen sich leicht die unvermeidlichen Beobachtungsfehler der einzelnen Bestimmungen zu sehr merklichen Werten an.

Auf diese Weise kam man auch bei den besten und sorgfältigsten Bestimmungen stets auf Resultate, die um mehrere Sekunden voneinander abwichen, und man wird sich denken können, welches Aufsehen es in der astronomischen Welt erregte, als im Jahre 1847 der Nordamerikaner S. C. Walker den Längenunterschied zwischen Philadelphia und Jersey City mit einer Genauigkeit bis auf einige Hundertstel der Sekunde bestimmte. Das Mittel hierzu bot ihm der elektrische Telegraph, und gegenwärtig benutzt man diesen, wenn es auf große Genauigkeit ankommt, ausschließlich, da der elektrische Strom die größten irdischen Distanzen in sehr kleinen und noch dazu sicher bestimmbaren Bruchteilen der Sekunde durchläuft. An den beiden Orten, deren Längendifferenz gemessen werden soll, werden Meridianinstrumente aufgestellt und der Augenblick, in welchem bestimmte Sterne die im Gesichtsfelde dieser Fernrohre ausgespannten Fäden passieren, durch den Telegraphen übertragen und mittels besonderer Apparate die Uhrzeiten registriert. Der Beobachter hat nichts weiter zu thun, als im Momente, wo der Stern den Faden berührt, eine Taste niederzudrücken; alles andre besorgen die Apparate und die späteren Rechnungen. Es leuchtet ein, daß Beobachtungen dieser Art einen außerordentlich hohen Grad von Genauigkeit zu gewähren im stande sind, und in der That ist dieser so bedeutend, daß sich dabei eine gewisse (freilich schon früher bemerkte) Unvollkommenheit der menschlichen Sinne störend bemerklich macht. Um

dem Leser hiervon einen richtigen Begriff zu verschaffen, wollen wir annehmen, es seien zwei Meridianinstrumente hintereinander absolut genau aufgestellt und zwei Beobachter wollten den Augenblick bestimmen, in welchem ein bestimmter Stern ihren Meridian passiert, also hinter die Mittelfäden ihrer Instrumente tritt. Wenn beide Beobachter sich einer und derselben Uhr bedienen, deren Pendelschläge sie in Gedanken mit zählen, bis der Stern den Meridian passiert, so sollte man glauben, daß in dem angeführten Falle beide genau im nämlichen Augenblicke, bei demselben Pendelschlage, den Meridiandurchgang wahrnehmen müßten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr wird der eine Beobachter um einen gewissen Bruchteil der Sekunde früher den Durchgang wahrnehmen als der andre, und diese Zeitdifferenz wird für beide, wenigstens eine Zeitlang, ziemlich konstant bleiben. Man hat gefunden, daß dieser Unterschied unter Umständen, selbst bei geübten Beobachtern, über $^1/_2$ Sekunde betragen kann, während die Genauigkeit der verschiedenen Bestimmungen jedes einzelnen bis auf mehr als $^1/_{10}$ Sekunde steigt, also seine Beobachtungen, untereinander selbst verglichen, bis auf $^1/_{10}$ Sekunde übereinstimmen. Jene große Abweichung, die sich für verschiedene Beobachter verschieden herausstellt, wird die persönliche Gleichung derselben genannt. Die Ursache derselben liegt darin, daß Gesicht und Gehör nicht absolut gleichzeitig thätig sein können und daß jeder Sinneseindruck, um zum Bewußtsein zu gelangen, einer gewissen Zeit bedarf, die bei verschiedenen Personen verschieden ist. Arago hat zuerst nachgewiesen, daß der aus der persönlichen Gleichung entspringende Unterschied in den Bestimmungen zweier Beobachter verschwindet oder wenigstens sehr klein wird, wenn beide bloß den Antritt des Sternes an den Faden wahrzunehmen, nicht aber gleichzeitig die Uhrschläge zu beachten brauchen. Man hat daher besondere Apparate konstruiert, bei welchen der Moment des Sterndurchganges durch den Druck des Beobachters auf eine Klappe notiert wird. Durch diesen Druck wird nämlich ein elektrischer Strom hergestellt, der mit den Schreibapparaten eines Telegraphen in solche Verbindung gesetzt ist, daß sofort auf einem durch Uhrwerk bewegten Papierstreifen (auf dem die Uhr selbst ihren Gang durch Punkte bezeichnet) ein Eindruck erzeugt wird, der mit höchster Schärfe den Moment der Beobachtung zu messen gestattet.

Indessen ist auch diese Methode nicht absolut fehlerfrei, indem immerhin eine gewisse Zeit vergeht zwischen dem Eintreten einer Erscheinung und dem unmittelbar nach ihrer Wahrnehmung mittels eines Druckes der Hand gegebenen Zeichen. Dieses Zeitintervall ist sogar ziemlich beträchtlich. Hankel fand z. B. für die Zwischenzeit, bevor er im stande war, auf die Wahrnehmung eines Tones durch den Druck mit der Hand ein Zeichen zu geben, eine Dauer von $^{1505}/_{10000}$ oder hinreichend genau von anderthalb Zehntel Sekunde. Die Abweichungen der zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen von obigem Mittelwerte erreichen nicht $^1/_{100}$ Sekunde. Bei den Untersuchungen war der erzeugte Ton kurz, scharf und ziemlich laut; verlor er diese Eigenschaften, so wurde die Zwischenzeit, in welcher die Druckbewegung mit der Hand ausgeführt ward, um $^1/_{100}$ bis $^3/_{100}$ Sekunde größer.

Um den Zeitraum zwischen dem Aufblitzen eines Lichts und der Ausübung eines Druckes mit der Hand zu bestimmen, wurden zu verschiedenen Zeiten Beobachtungen nach zwei verschiedenen Methoden gemacht. Es ergab sich aus denselben als mittleres Zeitintervall $^{2075}/_{10000}$ oder nahe zwei Zehntel Sekunde. Diese Zwischenzeit ist größer als die oben gefundene, und gleiches ergab sich auch, als Hankel eine andre Person zu Beobachtungen an seinem Apparate veranlaßte. Was die Konstruktion dieser Apparate im allgemeinen anbelangt, so besitzen dieselben eine solche Einrichtung, daß unter Zuhilfenahme einer nach bekannten Gesetzen vor sich gehenden Bewegung eine Verwandlung des Zeitunterschiedes in einen Raumunterschied erfolgt. Bei dem von Hankel konstruierten Apparate besteht der bewegte Körper aus einem Paraffinringe, der in die kreisförmige Rinne einer 285 mm im Durchmesser haltenden Messingscheibe eingegossen ist. Vor der rechten Seite des Paraffinringes befinden sich die Spitzen zweier Hebel, die durch zwei Elektromagnete in Bewegung gesetzt werden können und beim Vorwärtsschlagen einen schwachen Eindruck in der Paraffinmasse erzeugen. Der messingene Rand, welcher die Paraffinscheibe umgibt, ist in ganze und halbe Grade eingeteilt, und ein über dem höchsten Punkte des Randes befindlicher Nonius gestattet, noch Zehntel eines halben Grades zu messen. Durch ein großes, aus sorgfältig gearbeiteten messingenen Zahnrädern und Getrieben gebildetes Räderwerk kann die Scheibe in gleichförmige Umdrehung versetzt werden. Mittels einer sehr sinnreichen Einrichtung wird die Geschwindigkeit, mit welcher die Scheibe umläuft, durch den Apparat selbst verzeichnet. Bei der Umdrehung der Scheibe wird nämlich ein Hebel gehoben, der nach genau 30 Umläufen des Paraffinrings wieder herabfällt. An der Spitze dieses Hebels befindet sich ein Hammer, der beim Herabfallen einen scharfen kurzen Schlag gibt. An dem Hebel ist zugleich ein durch Elfenbein isoliertes Messingstück angebracht, durch welches zwei an den unteren Enden mit Platinspitzen versehene Schrauben hindurchgehen. Diese Platinspitzen tauchen beim Herabfallen in zwei mit Quecksilber gefüllte Vertiefungen, die mit den Polen einer galvanischen Kette in Verbindung stehen. Beim Herabfallen wird also diese Kette geschlossen. Der Strom derselben geht durch den einen Elektromagneten eines Registrierapparates und erzeugt mittels der Spitze eines durch den Elektromagneten in Bewegung

ARAGO

Dominique François Arago (geb. 26. Februar 1786, gest. 2. Oktober 1853).

gesetzten Hebels auf einem durch ein Uhrwerk vorbeigeführten Papierstreifen einen Eindruck. Durch den zweiten, gleich neben dem ersten stehenden Elektromagneten dieses Registrierapparates fließt ein andrer Strom, der durch eine besondere Vorrichtung (einen sogenannten Krilleschen Unterbrecher), welche mit einer Sekundenuhr verbunden ist, jede Sekunde geschlossen und geöffnet wird. Die Spitze des zu ihm gehörigen Hebels erzeugt also auf dem zuvor erwähnten Papierstreifen jede Sekunde einen Eindruck. Aus den in nebeneinander liegenden Reihen befindlichen Eindrücken läßt sich die während 30 Umläufen des Paraffinringes verflossene Zeit bis auf wenige Hundertstel einer Sekunde bestimmen. Kehren wir jetzt wieder zu unserm eigentlichen Gegenstande zurück.

Zunahme der Größe der Meridiangrade nach den Erdpolen hin.

Unabhängig von der Messung der Erddimensionen kann man aus gewissen Beobachtungen die Größe der Abplattung unsrer Erde ermitteln. Diese Beobachtungen beziehen sich auf die Bestimmung der Länge des sogenannten einfachen Sekundenpendels. Der Raum, den ein Körper in einer bestimmten Zeitdauer durchfällt, oder die Geschwindigkeit, welche er zu Ende dieser Zeitdauer besitzt, gibt ein Mittel an die Hand, die Intensität der Anziehungskraft, unter deren Einfluß der Körper eben jene Bewegung vollbringt, zu bestimmen.

Denken wir uns die Erde als vollkommene Kugel mit regelmäßiger Massenverteilung im Innern und ohne Rotation um ihre Achse, so wird die Intensität ihrer Anziehungskraft auf alle Punkte ihrer Oberfläche selbstverständlich gleich groß sein müssen. Ein Körper wird in derselben Zeitdauer überall gleich große Fallhöhen durchlaufen und seine Geschwindigkeit am Ende der nämlichen Zeitdauer allenthalben gleich groß sein.

Denken wir uns ferner die Erde zwar noch ohne Rotation, aber an den Polen

abgeplattet, so wird ihr Radius an den Polen am kürzesten, am Äquator am längsten sein. Die Schwere nimmt aber bei wachsender Distanz vom Mittelpunkte der Erde im Verhältnis des Quadrates der Entfernung ab. Daher wird auch die Geschwindigkeit, welche ein freifallender Körper am Ende einer gewissen Zeitdauer erreicht, an den Polen am größten, am Äquator am kleinsten sein. Nehmen wir nun schließlich an, die abgeplattete Erde rotiere um ihre Achse, so tritt hierdurch eine weitere Kraft auf, welche den Fall der Körper gegen den Äquator hin verzögert. Diese Kraft ist die Schwungkraft, die nämliche, welche die rasch geschwungene Schleuder spannt. Die Abplattung im Vereine mit der Rotation vermindert demnach auf der Erdoberfläche die anziehende Kraft der Schwere von den Polen zum Äquator hin, und die Mathematik entwickelt die Gesetze, nach welchen aus der beobachteten Pendellänge an verschiedenen Orten der Erdoberfläche deren Abplattung gefunden werden kann. Zuletzt gibt es noch eine rein astronomische Methode, die Abplattung der Erde zu bestimmen. Gewisse Störungen der Mondbewegung hängen nämlich von der abgeplatteten Gestalt der Erde ab, und man kann aus der Größe jener Anomalien auf die Größe dieser Abplattung schließen. Indessen sind die auf diesem Wege erlangten Resultate minder genau, als die durch Messungen an der Erdoberfläche ermittelten Ergebnisse.

Ich habe dem Leser nun kurz die Wege angezeigt, auf welchen man zur Kenntnis der Erddimensionen zu gelangen vermag; betrachten wir jetzt die Arbeiten selbst, welche man in dieser Richtung unternommen hat.

Die erste genauere Gradmessung begann 1683 in Frankreich, aber sie lieferte aus verschiedenen Gründen bezüglich der Erdabplattung kein zufriedenstellendes Resultat. Dies führte zu dem Plane einer neuen und großartigen Messung, die gleichzeitig unter dem Äquator (in Peru) und unter dem nördlichen Polarkreise (in Lappland) ausgeführt wurde. Die Arbeiten begannen 1735 und führten zu dem Ergebnisse, daß die Länge eines Grades unter dem Äquator 56753 und unter dem Polarkreise 57437 Toisen betrage. Hieraus folgt, daß man im Norden einen längeren Weg zurücklegen muß, um gleiche Krümmung wie am Äquator zu erhalten, daß die Erde dort also weniger gekrümmt, flacher, d. h. abgeplattet ist. Gewisse Schriftsteller, welche keine genügende Einsicht in die genaueren mathematischen Verhältnisse, welche hier maßgebend sind, besaßen, haben den umgekehrten Schluß gezogen und behauptet, daß, weil der Meridiangrad im Norden größer sei, als am Äquator, müsse die Erde an den Polen verlängert sein. Die Unrichtigkeit dieses Schlusses können wir aus Fig. S. 502 ersehen, welche den Durchschnitt durch ein sehr abgeplattetes Ellipsoid darstellt. Die 10 Linien, welche die Peripherie des oberen rechten Quadranten zeigt, stehen alle senkrecht auf der elliptischen Oberfläche und teilen jenen Quadranten in 9 gleich große Winkel von je 10 Grad. Wir sehen nun sofort aus der Figur, daß das Stück des elliptischen Bogens vom Äquator bis zur ersten normalen Linie kleiner ist, als das Stück zwischen der 9. und 10. Linie. Bei der Erde findet ganz das Gleiche statt, obgleich deren Abplattung so gering ist, daß sie bei einer Zeichnung in der Größe der vorstehenden Figur nicht sichtbar hervortreten könnte.

Bald nach jenen Messungen in Lappland und am Äquator wurden verschiedene in andern Teilen der Erde ausgeführt, allein ihren Aufschwung nahmen die Gradmessungen erst, als zur Zeit der ersten französischen Revolution der Vorschlag auftauchte, ein allgemeines Weltmaß einzuführen, dessen Einheit nie mehr verloren gehen könne. Man wählte als solche den vierzigmillionten Teil des Erdumfanges und beschloß, dessen Größe durch eine neue Gradmessung ermitteln zu lassen, die an Ausdehnung und Genauigkeit alles bisher Dagewesene weit übertreffen solle. Diese Messung, welche 1792 begann, sollte sich von Dünkirchen bis Barcelona erstrecken, aber Biot und Arago führten sie noch weiter, bis zur Insel Formentera. Im Jahre 1806 waren die eigentlichen Gradmessungsarbeiten vollendet, die einen Bogen des Meridians von 12° 22′ 12,7″ umfassen. Fast um dieselbe Zeit begannen ausgedehnte Gradmessungen in England, Rußland und Ostindien, kleinere in mehreren europäischen Staaten und später auch am Kap der guten Hoffnung, so daß Bessel im Jahre 1840 eine erschöpfende Diskussion der Erddimensionen auf Messungen stützen konnte, die zusammen einen Bogen von 50° 34′ umfaßten. Das Resultat dieser klassischen Arbeit war:

Halbmesser des Äquators	3 272 077	Toisen,
„ des Poles	3 261 139	„
„ der Abplattung	$^1/_{299}$	„

Seitdem ist mehr als ein Drittel-Jahrhundert verflossen, und die Zahl und Ausdehnung der Gradmessungen hat sich beträchtlich vermehrt. Eine neue Arbeit von Clarke, die sich auf einen Gesamtbogen von 77° 43′ stützt, lieferte folgende Werte:

Halbmesser des Äquators	3 272 537	Toisen,
„ des Poles	3 261 134	„
„ der Abplattung	$^1/_{286}$	„

Wir sehen, daß es sich zwischen den einzelnen Rechnungen für die Länge des ganzen Erddurchmessers nur um Abweichungen von höchstens ein paar Tausend Fuß handelt, weniger als die Länge einer mittelgroßen Straße.

Was die Bestimmung der Erdabplattung aus Pendelbeobachtungen anbelangt, so liegt von letzteren gegenwärtig eine so große Anzahl aus weit über die Erdoberfläche zerstreuten Orten vor, daß eine auf dieses gesamte Material gegründete Untersuchung sehr zuverlässige Werte für die Größe der Erdabplattung liefern muß. Eine solche Berechnung habe ich ausgeführt. Dieselbe lieferte als Wert für die Abplattung der Erde $^1/_{288,9}$. Dieser Wert kommt dem aus dem größten Bogen der Gradmessungen abgeleiteten sehr nahe und fällt fast genau mit dem Verhältnisse ($^1/_{289}$) der Schwungkraft zur Schwere unter dem Äquator zusammen. Da nun auch mathematisch-mechanische Gründe von großem Gewicht dafür sprechen, daß der wahre Wert der Erdabplattung gleich diesem Verhältnisse sein müsse, so kann man $^1/_{289}$ als definitive Zahl für die Größe der Erdabplattung annehmen. Berechnet man nun unter Zuziehung der sämtlichen Gradmessungen mit dieser Abplattung die Größe des Äquatorialhalbmessers der Erde, so findet man hierfür 3 272 766 Toisen. Läßt man die kleinen nur 1 oder 2 Grade umfassenden

Meridiangradmessungen unberücksichtigt, so erhält man einen etwa 100 Toisen kleineren Wert. Gegenwärtig muß man annehmen, daß diese Zahlen der Wahrheit am nächsten kommen; genauere werden sich ermitteln lassen, wenn die große vom General Baeyer angeregte europäische Breitengradmessung ganz ausgeführt und die durch Struves Betreiben ausgeführte Längengradmessung vom Ural bis zur Westküste Irlands berechnet sein wird. Nimmt man, wie üblich, den Umfang des Äquators zu 5400 Meilen an, so ergibt sich bei einer Abplattung von $^1/_{289}$:

Durchmesser des Äquators .	1718,9 Meilen,
Polardurchmesser . . .	1712,9 „
Gesamte Erdoberfläche . .	9 260 510 Quadratmeilen,
Rauminhalt der Erde . .	2 649 900 000 Kubikmeilen.

Wir sind jetzt dem Astronomen auf den verschiedenen Wegen gefolgt, auf welchen er nach und nach zu den genauen Resultaten für die Größe und Gestalt der Erde gelangte, welche ich dem Leser mitgeteilt habe. Ich muß nun, ehe ich von ihm Abschied nehme, auffordern, mir noch einmal zu folgen auf jene Wege, auf denen es der Wissenschaft gelungen ist, das wichtige Problem der geographischen Ortsbestimmung, besonders auf der See, zu lösen. Ganz besonders für den Seeverkehr der Gegenwart ist es von der größten Wichtigkeit, daß der Schiffer stets genau weiß, wo er sich auf dem Meere befindet. Schon vor fast zweihundert Jahren sah man in England die Notwendigkeit einer genauen Ortsbestimmung auf See so deutlich ein, daß das Parlament die Summe von 20 000 Pfd. Sterling demjenigen versprach, der eine genaue Methode der Längenbestimmung auf See finden würde. Es handelte sich lediglich um die Längenbestimmung, weil, wie wir von früher wissen, die geographische Breite verhältnismäßig leicht gefunden werden kann. Die Schwierigkeit liegt ausschließlich darin, den Stand der Uhrzeit in einem und demselben Momente für zwei weit voneinander liegende Orte zu kennen. Wir sind dieser Schwierigkeit schon oben bei Besprechung der Längenmessungen begegnet und haben gleichzeitig gesehen, wie sie gegenwärtig durch den elektrischen Telegraphen mit Glück überwunden wird. Telegraphische Verbindung besteht nur zwischen den wenigsten Orten, und vollends auf dem Meere, wo der Schiffer häufig in die Lage kommt, seine Länge bestimmen zu müssen, ist die besprochene Methode ganz unausführbar. Hier tritt die Methode der Längenübertragung durch Chronometer ein. Denken wir uns, der Schiffer habe eine absolut genau gehende Uhr, die er vor seiner Abreise nach der Uhr einer Sternwarte, etwa Greenwich, stellte. Diese Uhr wird ihm nun in jedem Augenblicke die Zeit angeben, welche eben in Greenwich ist. Diese Zeit aber, mit der Fahrzeit an Bord des Schiffes (welche durch direkte Beobachtung der Sonne erhalten wird) verglichen, gibt jetzt sofort den Zeitunterschied gegen Greenwich, und da die Länge dieser Sternwarte schon bekannt ist, auch die geographische Länge, unter der sich das Schiff befindet. Nehmen wir an, ein Schiffer laufe aus der Themse, um nach New York zu segeln; vorher habe er seinen Chronometer mit der Uhr der Greenwicher Sternwarte in der Nähe von London verglichen. Nachdem er mehrere Tage auf dem Atlantischen Ozeane gefahren, wünscht er seine

Länge zu wissen. Zu diesem Zwecke mißt er die Höhe der Sonne, um daraus die wahre Uhrzeit an Bord seines Schiffes zu berechnen. Die Messung der Sonnenhöhe geschah in dem Augenblicke, als sein Chronometer 10 Uhr 16 Min. 30 Sek. zeigte. Die Berechnung ergibt dem Schiffer, daß es in demselben Augenblicke an dem Orte, wo er sich befand, 8 Uhr 0 Min. 30 Sek. war. Der Zeitunterschied gegen Greenwich beträgt demnach 2 Stunden 16 Min., um welche Greenwich gegen die Schiffszeit voraus ist. Der Schiffer befindet sich also 34° westlich vom Meridiane von Greenwich. Dieses Verfahren ist sehr einfach, allein es setzt den Besitz einer genau gehenden Uhr voraus. Harrison (geb. 1693, gest. 1776) war der erste, der eine derartige Uhr konstruierte, und erhielt dafür vom englischen Parlamente die Summe von 480 000 Mark. Gegenwärtig hat die Vervollkommnung der Chronometer einen so hohen Grad erreicht und gleichzeitig sind die Preise derselben verhältnismäßig so billig geworden, daß jeder Seefahrer ein solches Instrument an Bord hat. Zwar gehen alle diese Uhren nie absolut genau, aber sie haben einen fast konstanten Gang, d. h. sie laufen täglich sehr nahe um den gleichen Betrag vor oder bleiben konstant um ein paar Sekunden zurück. Der Schiffer ermittelt diesen täglichen Gang vor seiner Abreise, indem er die Uhr während eines gewissen Zeitraumes mit der Uhr einer Sternwarte vergleicht. Ergibt sich nun, daß sie täglich z. B. 10 Sekunden voreilt oder zurückbleibt, so weiß er nach 25 Tagen, daß er von den Angaben des Chronometers 10×25 Sekunden zu subtrahieren oder ebenso viel hinzu zu addieren hat, um die ganz genaue Greenwicher Zeit zu erhalten.

Bei großen Seereisen oder bei Landreisen durch weite, unbekannte Gegenden ist es aber immerhin wichtig, auch ein Mittel zu besitzen, den Gang des Chronometers kontrollieren zu können, denn diese feinen Instrumente sind notwendig sehr empfindlich und die Ortsbestimmung müßte beträchtlich fehlerhaft werden, falls die Uhr ihren täglichen Gang plötzlich aus irgend einer Ursache um mehrere Sekunden änderte, ohne daß der Beobachter im stande wäre, diese Abweichung zu erkennen.

Ein wichtiges Mittel zur Kontrollierung der durch Zeitübertragung mittels des Chronometers bestimmten Länge eines Ortes, sowie auch zur Längenbestimmung ohne Zeitübertragung durch Chronometer gewähren die Messungen der Winkelabstände des Mondes von gewissen Fixsternen. Nehmen wir an, daß zwei Beobachter, von denen der eine in London, der andre in Berlin ist, sich verabredeten, an einem gewissen Tage nach ihrer Uhr den Moment aufzuzeichnen, wenn der Mittelpunkt des Mondes 1° von einem gewissen Sterne entfernt steht. Der Beobachter in London findet für diesen Moment 10 Uhr 1 Min. 10 Sek. nach Londoner Zeit, der Beobachter in Berlin hingegen 10 Uhr 53 Min. 8. Sek. nach Berliner Zeit. Hieraus würde für den Meridianunterschied zwischen Berlin und London 51 Min. 58 Sek. hervorgehen. Allein dieses Resultat ist nicht ganz streng, denn die beiden Beobachter befinden sich dem Monde gegenüber nicht unter den gleichen Verhältnissen, indem der Beobachter in Berlin den Mond in bezug auf den Fixstern aus einer etwas andern Richtung sieht, als derjenige in London. Um sich

hiervon frei zu machen, muß vorher an den Beobachtungen eine Korrektion angebracht werden, durch welche sie so modifiziert werden, als habe sich der Beobachter im Erdmittelpunkte befunden, wo die erwähnte optische Verschiebung wegfallen würde. Wenn die genannten beiden Beobachter in Berlin und London diese Reduktion auf den Erdmittelpunkt berücksichtigen, so ergibt sich als Meridiandifferenz zwischen London und Berlin 54 Min. 8 Sek. = 13^0 32′.

In der angegebenen Weise ist das Verfahren für den Seefahrer freilich unbrauchbar, denn er muß die Beobachtung des zweiten Ortes sofort haben, wenn sie ihm überhaupt etwas nützen soll; dann würde es auch immer seine Schwierigkeiten haben, den Augenblick eines bestimmten Abstandes des Mondes von einem Sterne abzuwarten. Der Seefahrer muß jeden heiteren Augenblick benutzen können. Alle diese Schwierigkeiten werden durch die Mondtafeln, welche der Schiffer oder Reisende mit sich nimmt, beseitigt. Diese Tafeln geben für Jahre voraus den Abstand des Mondes von der Sonne und einer Anzahl hellerer Sterne für jeden Augenblick noch Greenwicher Zeit mit einer Genauigkeit an, welche die einer direkten Beobachtung sogar noch übertrifft. Findet z. B. der Seefahrer an einem gewissen Tage um 5 Uhr 13 Min. 30 Sek. Ortszeit den auf den Erdmittelpunkt reduzierten Abstand des Sonnen- und Mondzentrums zu 14^0 15′, so lehrt ihn sein Blick in die Mondtafeln, daß dieselbe auf den Erdmittelpunkt reduzierte Distanz von Sonne und Mond in Greenwich um 7 Uhr 17 Min. 30 Sek. stattfindet, daß es demnach 7 Uhr 17 Min. 30 Sek. in Greenwich war, als die Zeit seines Schiffes 5 Uhr 13 Min. 30 Sek. betrug. Sonach befindet sich also das Schiff 2 Stunden 4 Min. = 31^0 westlich von Greenwich. Der erste, welcher diese Methode praktisch, wenngleich nur ganz roh anwandte, war Amerigo Vespucci. Er sah am 27. September 1499 zu Venezuela abends $7^1/_2$ Uhr den Mond 1^0 um Mitternacht dagegen $5^1/_2{}^0$ östlich vom Mars. Hieraus schloß er, daß der Mond sich damals in vier Stunden um 1^0 ostwärts bewegt habe und also um $6^1/_2$ Uhr Ortszeit mit dem Mars in Konjunktion gewesen sein müsse. Die Nürnberger Ephemeriden lehrten aber der Vorausberechnung gemäß, daß dieselbe Konjunktion um Mitternacht nach Nürnberger Zeit stattgefunden habe. Vespucci schloß hieraus, daß der Längenunterschied zwischen Nürnberg und Venezuela $5^1/_2$ Stunde oder $82^1/_2$ Grad betrage, was auch ziemlich nahe richtig ist.

Ich habe dem Leser jetzt die hauptsächlichsten Methoden zur Bestimmung der geographischen Länge vorgeführt; aber es hat der Anstrengungen von fast zwei Jahrhunderten bedurft, um sie soweit auszubilden, daß sie praktisch von Nutzen sein konnten. Viele Tausende fahren heutzutage auf den stattlichen Dampfern der Hamburger und New Yorker Gesellschaften nach Amerika, ohne zu wissen, daß das Schiff auf dem endlosen Ozeane, wie ein Postwagen auf der Landstraße, eine ganz genau vorgezeichnete Bahn durchläuft, so daß der folgende Dampfer fast im Kielwasser des vorauffahrenden dahinbraust; und daß es das Licht der Wissenschaft ist, welches das stolze Schiff zum sicheren Hafen leitet!

Und nun wollen auch wir mit dem Schatze erweiterter Erkenntnis aus den Himmelsräumen und von den einsamen Meeresküsten dem Hafen zueilen.

Tragen wir die fremde Welt mit all ihrem Reichtum in unser inneres Leben hinein, lernen wir aus jenen Sitten, regeln wir unser eignes Denken und Handeln nach jenen Gesetzen! Sichern wir dann das Glück des Sehens, das wir genossen, auch andern! Helfen wir die Nebel zerstreuen, welche den inneren Sinn der Menschen noch verhüllen, und der Schleier wird auch von den äußeren Sinnen mehr und mehr fallen. Schaffen wir der Wissenschaft die Mittel und die Freiheit, immer kühner ihre Schwingen in den Himmel zu erheben!

Eine neue Welt hat sich uns eröffnet. Ein Band des innigsten Interesses wird uns fortan mit dieser Welt verknüpfen, und wir werden teilnehmen an den Ereignissen des Himmels, wie an den Siegeszügen der Wissenschaft auf diesen fernen Gebieten.

Alljährlich sendet die Wissenschaft, wie in die Wüsten und Sümpfe Innerafrikas oder Australiens, zu den Felsenhöhen des Himalaya oder in die eisige Nacht der Polarländer, so auch in die Tiefen des Himmels Forscher und Entdecker hinaus. Wenn der Hinausziehende bereits einen glänzenden Namen mit sich nimmt, dann harrt wohl in ängstlicher Spannung die gebildete Welt seiner Heimkehr, wie den Berichten eines Barth und Vogel, eines Schlagintweit oder Kane. Wenn ein Herschel oder Rosse ihre Riesenteleskope aufstellen, wenn ein Bessel oder Struve sich mit der Schärfe der Beobachtung und Rechnung zu einem Eroberungszuge in den Himmel rüsten, wenn ein Leverrier den wunderbar prophetischen Blick seiner Rechnung in das Leere versenkt, um das Unbekannte an seinen Wirkungen hervorzuziehen: dann verspricht man sich wohl mit Recht von der Heimkehr solcher Forscher glänzende Siege für das Reich des Gedankens. Ich habe dem Leser bereits von manchem solcher Eroberungszüge der Wissenschaft berichtet und ihm die Denksteine am Himmel gezeigt, welche Namen und Thaten der Ewigkeit bewahren. Aber der Raum für solche Thaten ist noch unendlich groß; dem Auge ist hier noch viel zu erschließen und mehr noch dem Gedanken.

Eroberungszüge des wissenschaftlichen Geistes sind freilich andrer Natur, als die bescheidenen Wanderungen, auf denen ich den Leser geleitete. Was wir aus jener Ferne mit uns bringen, ist auch reicher Gewinn, aber vor allem für uns selbst, für unsre Anschauung.

Schöner, reicher, heller entfaltet sich die Heimat vor uns erkannt im Lichte des Jenseits. Mit innigeren Banden als je werden wir uns an sie geknüpft fühlen. Wenn aber einst wieder Tage kommen sollten, wo den Leser vielleicht, um einem trüben Horizonte seines Lebens zu entfliehen, die Lust zu neuen Ausflügen in den Himmelsraum anwandelt, zu den Sternen die unverlöschlich in unser Leben hinabstrahlen: dann wird er andre Begleiter finden, die ihm vielleicht noch weiter die Pforten des Himmels öffnen, ihn noch sanfter durch die unermeßlichen Räume tragen, noch anziehender in den fernen Öden unterhalten werden! Gedenke er dann gleichwohl freundlich dieser gemeinsam verlebten Stunden und des Führers, der ihn wenigstens gewissenhaft durch die Wunder des Himmels zu geleiten sich bestrebt hat.

Übersichten.

Bahnelemente der Planeten und ihrer Satelliten, der bemerkenswertesten Kometen und Doppelsterne.

Tabelle I. **Der Mond.**

Siderische Umlaufszeit . .	27 Tage 7 St. 43′11″.5	Wahrer Durchmesser des Mondes in Meilen . .	468
Tropische Umlaufszeit . .	27 „ 7 „ 43′ 4″.7	Wahrer Durchmesser des Mondes in Erddurchmessern	0.27
Synodische Umlaufszeit . .	29 „ 12 „ 44′ 2″.7	Horizont.-Parallaxe d. Mondes in mittl. Entfernung	57′ 2″.7
Mittlere Länge am 0 Jan. 1800 Greenwicher Zeit .	335° 43′ 26″.71	Mittlere Entfernung d. Mondes vom Mittelpunkt der Erde in Erdhalbmessern	60.27
Mittlere tägliche tropische Bewegung	13° 10′ 35″.028598	Mittlere Entfernung d. Mondes vom Mittelpunkte der Erde in geograph. Meilen	51800
Exzentrizität der Mondbahn	0.05490807	Masse des Mondes im Verhältnis zur Erdmasse .	0.0123
Länge des Perigäums . .	225° 23′ 53″.06		
Länge des aufsteigenden Knotens	33° 16′ 31″.15		
Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik . .	5° 8′ 40″		
Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik . .	1° 32′ 9″		

Tabelle II. **Die Marsmonde.**

Satellit.	Siderische Umlaufszeit.	Mittlere Entfernung vom Zentrum des Mars in Marshalbmessern.	Exzentrizität.
Phobos	— Tag 7 St. 39 Min. 15 Sek.	2.77	0.032079
Deimos	1 „ 6 „ 17 „ 54 „	6.92	0.005741

Tabelle III. **Die Jupitermonde.**

Mond.	Siderische Umlaufszeit.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt d. Jupit. in Jupiterhalbmessern.	Wahrer Durchmesser in Meilen.	Masse (die Jupitersmasse = 1)
I.	1 Tage 18 St. 27′ 33″.506	5.93	513	0.00001688
II.	3 „ 13 „ 13′ 42″.040	9.44	463	0.00002323
III.	7 „ 3 „ 42′ 33″.362	15.06	756	0.00008844
IV.	16 „ 16 „ 32′ 11″.27	26.49	647	0.00004247

Tabelle IV. **Satelliten des Saturn.**

Satellit.	Siderische Umlaufszeit. Tg.	St.	M.	S.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt des Saturn in Saturnhalbmessern.
1. Mimas	0	22	37	6	3.11
2. Enceladus	1	8	53	7	4.00
3. Thetis	1	21	18	25	4.93
4. Dione	2	17	41	9	6.35
5. Rhea	4	12	25	12	8.82
6. Titan	15	22	41	23	20.49
7. Hyperion	21	6	39	25	24.81
8. Japetus	79	7	49	24	59.64

Tabelle V. **Satelliten des Uranus.**

Satellit.	Siderische Umlaufszeit. Tg.	St.	M.	S.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt des Uranus in Bogensekunden.
1.	2	12	29	21	13.78
2.	4	3	23	7	19.20
3.	8	16	56	30	31.48
4.	13	11	7	7	42.10

Satellit des Neptun.

Satellit.	Tg.	St.	M.	S.	Mittl. Entfernung
1.	5	21	4	9	16.3

Tabelle VI. **Bahnelemente der Hauptplaneten.**

Name.	Mittlere Entfernung von der Sonne oder halbe große Achse		Umlaufszeit in Tagen und deren Dezimalteilen.	Exzentrizität der Bahn.	Masse im Verhältnis zur Sonnenmasse.	Mittlere Länge 1850 Januar 1. 0ʰ mittlere Pariser Zeit.			Länge des Perihels.			Länge des aufsteigenden Knotens.			Neigung der Bahn gegen die Ekliptik.		
	die der Erdbahn = 1.	in Millionen Kilomet.				°	′	″	°	′	″	°	′	″	°	′	″
Merkur	0.387099	58	87.969258	0.205618	$\frac{1}{7636000}$	327	15	20.43	75	7	13.9	46	33	8.7	7	0	7.71
Venus	0.723332	108	224.700787	0.006833	$\frac{1}{412150}$	245	33	14.70	129	27	14.5	75	19	52.3	3	23	34.83
Erde	1.000000	149	365.256374	0.016770	$\frac{1}{324439}$	100	46	43.51	100	21	21.5	0	0	0	0	0	0
Mars	1.523691	227	686.979646	0.093262	$\frac{1}{3093500}$	83	40	31.33	333	17	53.7	48	23	53.1	1	51	2.28
Jupiter	5.202798	777	4332.584821	0.048239	$\frac{1}{1048}$	160	1	10.26	11	54	58.4	98	56	17.0	1	18	41.37
Saturn	9.538852	1420	10759.219817	0.055996	$\frac{1}{3502}$	14	50	40.6	90	6	56.7	112	20	53.0	2	29	39.80
Uranus	19.14198	2860	30688.3	0.046341	$\frac{1}{22600}$	28	26	41.50	170	50	7.1	73	13	54.4	0	46	20.90
Neptun	29.92788	4500	60180.86	0.008964	$\frac{1}{19380}$	334	36	29.60	45	59	43.1	130	7	31.8	1	47	1.70

Tabelle VII. Bahnelemente der Kometen, welche mehrmals zurückgekehrt sind.

Benennung des Kometen.	Zeit des Durchgangs durch die Sonnennähe (mittl. Zeit von Paris).			h	m	Länge des Perihels. °	′	″	Länge des aufsteigenden Knotens. °	′	″	Neigung der Bahn. °	′	″	Perihel-distanz.	Exzen-trizität.	Umlaufs-dauer.
Halleyscher Komet . .	1835	Nov.	15	22	41	304	30	48	55	9	15	17	45	5	0.586569	0.967391	76 Jahre
Tuttles " . .	1871	"	30	11	18	116	5	26	269	18	2	54	17	0	1.030107	0.821054	$13^2/_3$ "
Faye-Möllers Komet .	1881	Jan.	22	15	25	50	49	36	209	36	14	11	19	40	1.73813	0.549021	$7^1/_2$ "
Bielas Doppelkomet .	1852	Sept.	22	6	42	109	8	17	245	51	26	12	33	16	0.860602	0.755922	$6^3/_4$ "
		"	22	22	48	109	8	16	245	51	28	12	33	19	0.860622	0.755865	
d'Arrestscher Komet . .	1877	April	10	8	9	319	6	44	146	6	57	15	43	9	1.318123	0.627805	$6^1/_2$ "
Weißscher " . .	1873	Dez.	3	2	53	85	29	56	248	37	3	26	29	1	0.775354	0.770318	$6^1/_5$(?) "
Tempels I. " . .	1879	Mai	6	23	46	238	11	30	78	45	37	9	46	32	1.76930	0.463041	ungefähr 6 "
Winneckes " . .	1880	Dez.	4	7	31	276	43	22	111	31	5	11	16	57	0.830574	0.740606	$5^2/_3$ "
Brorsens " . .	1879	März	30	2	0	116	15	3	101	19	16	29	23	19	0.598901	0.809794	$5^1/_2$ "
Tempel-Swiftscher Komet	1880	Nov.	7	23	19	43	4	40	296	51	26	5	23	0	1.066973	0.655305	ungef. $5^1/_2$ "
Tempels II. Komet . .	1878	Sept.	7	5	54	306	7	42	121	0	46	12	46	2	1.39955	0.553727	" $5^1/_4$ "
Enckes Komet	1881	Nov.	15	1	43	158	30	5	334	34	3	12	53	0	0.343005	0.845497	$3^1/_3$ "
Komet Pons-Brooks (1812—1883)	1812	Sept.	15	7	40	92	18	44	253	1	2	73	57	3	0.77714	0.95454	70.7 "

Tabelle VIII. **Die wichtigsten Bahnelemente einiger Kometen von langer Umlaufszeit.**

Entdecker und Entdeckungszeit des Kometen.	Halbe große Achse.	Aphel-distanz.	Exzen-trizität.	Umlaufszeit.	Berechner.
Halleys Komet 1759	17.9	35.3	0.9674	76 Jahr 1 M.	
Westphal . . 1852	16.32	31.99	0.9248	69	Marth.
Olbers . . . 1815	17.634	34.055	0.9312	74.05	Bessel.
de Vico . . . 1846	17.507	34.341	0.9621	73.25	Peirce.
Brorsen . . 1847	17.779	35.070	0.9726	74.79	d'Arrest.
Flamsteed . . 1683	33.031	65.512	0.9832	187.8	Clausen.
Bremiker . . 1840	49.12	96.76	0.96985	344	Götze.
Brorsen . . 1846	54.42	108.21	0.9884	401	Wichmann.
Komet von . 1807	143.86	286.07	0.9955	1714	Bessel.
Messier . . . 1769	163.46	326.80	0.9992	2090	Bessel.

Tabelle IX. **Die hauptsächlichsten Bahnelemente verschiedener Doppelsterne.**

Name des Sterns.	Halbe große Achse in Bogensekunden.	Exzentrizität.	Umlaufsdauer in Jahren.	Berechner.
η in der Kassiopeja . .	8.639	0.6244	195	Gruber.
Sirius	8.53	0.5908	44	Pritchard.
α der Zwillinge . . .	7.537	0.34382	997	Thiele.
ζ im Krebs	0.853	0.39084	60.3	Seeliger.
ω im großen Löwen . .	0.890	0.5360	111	Doberck.
ξ im großen Bären . .	2.580	0.41590	61	Pritchard.
γ in der Jungfrau . .	3.97	0.89575	185	Thiele.
42 im Haar der Berenice	0.657	0.480	25.7	O. Struve.
α in Centauren . . .	17.50	0.5260	$77^1/_2$	Elkin.
η in der nördl. Krone .	0.827	0.2625	42	Duner.
γ „ „ „ „ .	0.7	0.350	96	Doberck.
ζ im Herkules	1.284	0.4627	34.4	„
70 p im Ophiuchus . .	4.79	0.46718	94	Pritchard.
γ in der südl. Krone . .	2.40	0.6989	55.6	Schiaparelli.
ξ in der Wage	1.26	0.0768	96	Doberck.
ξ im Bootes	4.86	0.7081	127	„
δ im Schwan	2.310	0.28583	415	Behrmann.

Hervorragende Astronomen
und
Förderer der Himmelskunde.

Vor Chr.
um 600 **Thales** (aus Milet).
570—500 **Pythagoras** (Samos).
um 500 **Anaximenes** (Milet).
um 450 **Meton** (Athen).
um 400 **Demokritos** (Abdera).
410—356 **Eudoxos** (Knidos).
276—193 **Eratosthenes** (Kyrene).
um 260 **Aristarchos** (Samos).
190—125 **Hipparchos** (Nicäa).

Nach Chr.
um 120—200 **Claudius Ptolemäus** (Alexandrien).
850—929 **Al-Batani** (Albategnius).
1233—1284 **Alfons X.**, König von Kastilien.
1436—1476 Joh. Müller, genannt **Regiomontanus** (Königsberg i. Franken).
1473—1543 **Nicolaus Copernicus** (Thorn).
1546—1601 **Tycho Brahe** (Knudstrug b. Helsinborg).
1564—1642 **Galileo Galilei** (Pisa).
1570—1624 **Simon Mayr**, genannt **Marius** (Gunzenhausen).
1571—1630 **Johannes Kepler** (Weil die Stadt).
1572—1630 (?) **Johannes Bayer** (Rhein-Bayern).
1586—1657 **Jos. Baptist Cysat** (Luzern).
1625—1712 **Giovanni Domenico Cassini** (Perinaldo b. Nizza).
1629—1695 **Christian Huyghens** (im Haag).
1642—1726 **Isaak Newton** (Woolstorpe).
1646—1719 **John Flamsteed** (Derby).
1656—1742 **Edmund Halley** (Heggerstadt).
1692—1762 **James Bradley** (Shireborn in Engl.).
1706—1761 **John Dollond** (Spitalfields).
1713—1762 **Nicol. Louis de Lacaille** (Rumigny).
1715—1799 **Pierre Charles Lemonnier** (Paris).
1719—1783 **Christian Mayer** (Meseritsch).
1723—1762 **Joh. Tobias Meyer** (Marbach).
1728—1777 **Joh. Heinr. Lambert** (Mülhausen i. E.).
1730—1817 **Charles Messier** (Bedonviller).
1732—1807 **Jos. François de Lalande** (Bourg-en-Bresse).
1732—1811 **Nevil Maskelyne** (London).
1738—1822 **Friedr. Wilh. Herschel** (Hannover).
1744—1804 **Pierre Franç. Méchain** (Laon).
1745—1816 **Joh. Hieron. Schröter** (Erfurt).
1746—1826 **Giuseppe Piazzi** (Ponte in Veltlin).
1747—1826 **Johann Elert Bode** (Hamburg).
1749—1822 **Jean Bapt. Delambre** (Amiens).
1749—1827 **Pierre Simon de Laplace** (Beaumont en Auge).
1750—1848 **Caroline Herschel** (Hannover).
1754—1832 **Franz Xaver Freiherr von Zach** (Presburg).

Nach Chr.
1758—1840 **Heinr. Wilh. Olbers** (Arbergen b. Bremen).
1761—1831 **Jean Louis Pons** (Peyre).
1765—1831 **Jos. Gottl. Friedr. von Bohnenberger** (Simmozheim).
1765—1834 **Karl Ludwig Harding** (Lauenburg).
1771—1830 **Johann Georg Repsold** (Wremen in Hannover).
1777—1855 **Karl Friedrich Gauß** (Braunschweig).
1780—1850 **Heinrich Christian Schumacher** (Bramstadt in Holstein).
1780—1854 **Bernh. Aug. von Lindenau** (Altenburg).
1781—1840 **Joseph Johann von Littrow** (Bischofteinitz in Böhmen).
1784—1846 **Friedr. Wilh. Bessel** (Minden).
1786—1853 **Dominique François Arago** (Estagel b. Perpignan).
1787—1826 **Joseph von Fraunhofer** (Straubing).
1788—1862 **Karl Ludwig Christ. Rümker** (Neubrandenburg).
1789—1854 **Wilh. Cranch Bond** (Falmouth, V. St.).
1789—1875 **Samuel Heinrich Schwabe** (Dessau).
1791—1865 **Johann Franz Encke** (Hamburg).
1792—1871 **Sir John Fred. William Herschel** (Slough).
1793—1864 **Fried. Georg Wilh. Struve** (Altona).
1793—1867 **Georg Merz** (Bihl in Bayern).
1794—1874 **John. Heinr. Mädler** (Berlin).
1795—1874 **Peter Andreas Hansen** (Tondern).
1796—1840 **Wilh. Gotthelf Lohrmann** (Dresden).
1799—1868 **Will. Dawes** (London).
1799—1876 **Friedrich Wilh. August Argelander** (Memel).
1800—1867 **William Parsons Graf v. Rosse.**
1801—1870 **Karl Aug. Steinheil** (Rappoltsweiler).
1805—1879 **Johann Lamont** (Braemar, Schottl.).
1806—1877 **Eduard Heis** (Köln).
1806—1880 **Chr. Aug. Friedr. Peters** (Hamburg).
1808—1872 **Friedrich Kaiser** (Amsterdam).
1810—1862 **Ormsby Macknight Mitchel** (Union County).
1811—1877 **Urbain Jean Leverrier** (Saint-Lô).
1811—1877 **K. Ludw. v. Littrow** (Wien).
1816—1872 **Charl. Eug. Delaunay** (Lusigny).
1818—1877 **Angelo Secchi** (Reggio).
1819 **Otto Wilh. v. Struve** (Dorpat).
1822—1875 **H. L. d'Arrest** (Kopenhagen).
1826—1875 **Richard Carrington** (Chelsea).
1830—1881 **Karl Bruhns** (Plön in Holst.).
1832 **Wilh. Förster** (Berlin).
1834—1882 **Joh. Friedrich Zöllner** (Leipzig).
1838—1880 **James Watson** (Elgin in Canada)

Sach- und Namen-Register.

Die Zahlen beziehen sich auf die Seitenzahlen des Buches. — Die mit gesperrter Schrift gedruckten Wörter sind Personennamen. Ein A. hinter einer Zahl bedeutet Abbildung.

Der nördliche

Sternnamen.

Alcyone:	η	in den	Plejaden
Aldebaran:	α	im	Stier
Algenib:	α	—	Pegasus
Algol:	β	—	Perseus
Altair:	α	—	Adler
Arktur:	α	—	Bootes
Beteigeuze:	α	—	Orion
Capella:	α	—	Fuhrmann
Castor:	α	in den	Zwillingen

Sternnamen.

Ras-Algeti:	α	im	Herkules
Ras-Alage:	α	—	Ophiuchus
Regulus:	α	—	Löwen
Ruccabah:	α	—	kl. Bären
Schedir:	α	in der	Cassiopeja
Sertan:	α	im	Krebs
Sirra:	α	in der	Andromeda
Thuban:	α	im	Drachen
Wega:	α	in der	Leier

...liche Stern-Himmel.

Sternnamen.

Deneb:	α	im Schwan
Denebola:	β	— Löwen
Gemma:	α	in der Krone
Hamal:	α	im Widder
Markab:	α	— Pegasus
Mekab:	α	— Walfisch
Mizar:	ζ	— gr. Bären
Pollux:	β	in den Zwillingen
Procyon:	α	im kl. Hund

Sternbezeichnungen:

✵	●	•	·	.
1te	2te	3te	4te	5te

Grösse

var: veränderliche Sterne

Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Der südliche S

Sternnamen.

Canopus:	α	im Schiff Argo
Cursa:	β	— Eridanus
Diphda:	β	— Walfisch
Fomalhaut:	α	— südl. Fisch
Giedi:	α	— Steinbock
Kiffa austr:	α	in der Wage
„ bor:	β	—— Wage

Sternnamen.

Mira:	o	im Walfisch
Mirza:	β	— gr. Hund
Rigel:	β	— Orion
Sirius:	α	— gr. Hund
Spica:	α	in der Jungfrau
Zaurak:	γ	im Eridanus

dliche Stern-Himmel.

Sternnamen.

Acrab:	β	im Skorpion
Acharnar:	α	— Eridanus
Alchiba:	α	— Raben
Alphard:	α	in der Hydra
Alrami:	α	im Schützen
Antares:	α	— Skorpion
Arneb:	α	— Hasen

Sternbezeichnungen:

1te 2te 3te 4te 5te
Grösse.

var: veränderliche Sterne.

Leipzig: Verlag von Otto Spamer.